

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
 US Department of Commerce  
 United States Patent and Trademark  
 Office, PCT  
 2011 South Clark Place Room  
 CP2/5C24  
 Arlington, VA 22202  
 ETATS-UNIS D'AMERIQUE

in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year)

15 December 2000 (15.12.00)

International application No.

PCT/EP00/03444

Applicant's or agent's file reference

vac337wo

International filing date (day/month/year)

15 April 2000 (15.04.00)

Priority date (day/month/year)

29 April 1999 (29.04.99)

Applicant

LENHARD, Friedrich et al

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

29 November 2000 (29.11.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
 34, chemin des C. lombettes  
 1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer

Charlotte ENGER

Telephone No.: (41-22) 338.83.38



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.

PCT/EP 00/03444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01R15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 42 472 A (ABB RESEARCH LTD) 16 April 1998 (1998-04-16) abstract; figures 1-3 column 2, line 50 - line 58 column 3, line 18 - line 22 ---	1
A	EP 0 742 440 A (SIEMENS AG) 13 November 1996 (1996-11-13) abstract; claims 5,6; figure 2 ---	1
A	DE 197 05 767 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 27 August 1998 (1998-08-27) cited in the application abstract; figures ----- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"Z" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2000

Date of mailing of the international search report

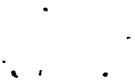
06/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fritz, S



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No.

PCT/EP 00/03444

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SUZUKI Y ET AL: "ANALYSIS OF A ZERO-FLUX                      TYPE CURRENT SENSOR"                      IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,US,IEEE                      INC. NEW YORK,                      vol. 29, no. 6,                      1 November 1993 (1993-11-01), pages                      3183-3185, XP000432425                      ISSN: 0018-9464                      abstract; figures 3,7                      page 3184, right-hand column, paragraph 3                      - paragraph 5</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Search Application No

PCT/EP 00/03444

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19642472 A	16-04-1998	NONE	
EP 0742440 A	13-11-1996	DE 29507675 U DE 29520066 U	29-06-1995 22-02-1996
DE 19705767 A	27-08-1998	WO 9836281 A	20-08-1998





**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
**IPK 7 G01R15/18**

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

**IPK 7 G01R**

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 42 472 A (ABB RESEARCH LTD) 16. April 1998 (1998-04-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 50 - Zeile 58 Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 22 ----	1
A	EP 0 742 440 A (SIEMENS AG) 13. November 1996 (1996-11-13) Zusammenfassung; Ansprüche 5,6; Abbildung 2 ----	1
A	DE 197 05 767 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 27. August 1998 (1998-08-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen ----- -/-	1

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. August 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/09/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fritz, S



## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SUZUKI Y ET AL: "ANALYSIS OF A ZERO-FLUX TYPE CURRENT SENSOR" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 29, Nr. 6, 1. November 1993 (1993-11-01), Seiten 3183-3185, XP000432425 ISSN: 0018-9464 Zusammenfassung; Abbildungen 3,7 Seite 3184, rechte Spalte, Absatz 3 - Absatz 5</p> <p>-----</p>	1



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. Aktenzeichen

PCT/EP 00/03444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 19642472	A	16-04-1998	KEINE		
EP 0742440	A	13-11-1996	DE 29507675	U	29-06-1995
			DE 29520066	U	22-02-1996
DE 19705767	A	27-08-1998	WO 9836281	A	20-08-1998



VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

PCT

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>vac337wo</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 03444</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>15/04/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>29/04/1999</b>
Anmelder  <b>VACUUMSCHMELZE GMBH.</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 4 Blätter.

☒ Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

1. Grundlage des Berichts

a. Hinsichtlich der Sprache ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

☐ Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2. ☐ Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3. ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung

☒ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☐ wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

5. Hinsichtlich der Zusammenfassung

☐ wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

☒ wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 8

☒ wie vom Anmelder vorgeschlagen

☐ keine der Abb.

☐ weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

☐ weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.





Feld III

WORTLAUT DER ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung v n Punkt 5 auf Blatt 1)

Ein Stromsensor 1 weist zur Stabilisierung des pulsbreitenmodulierten Kompensationssignals Tiefpassfilter 17 und 18 auf sowie ein weiteres RC-Glied 40. Ferner ist zur Unterdrückung von schnellen Stromtransienten ein von Zenerdioden 44 und einem Ohmschen Widerstand 45 gebildetes Begrenzungsmittel vorgesehen.



**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
**IPK 7 G01R15/18**

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RESEARCHIERTE GEBIETE**

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
**IPK 7 G01R**

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 42 472 A (ABB RESEARCH LTD) 16. April 1998 (1998-04-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 50 - Zeile 58 Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 22	1
A	EP 0 742 440 A (SIEMENS AG) 13. November 1996 (1996-11-13) Zusammenfassung; Ansprüche 5,6; Abbildung 2	1
A	DE 197 05 767 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 27. August 1998 (1998-08-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen	1

-/--

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \* "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \* "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \* "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \* "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \* "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\* "Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. August 2000

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

06/09/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fritz, S

100  
100

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SUZUKI Y ET AL: "ANALYSIS OF A ZERO-FLUX TYPE CURRENT SENSOR" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 29, Nr. 6, 1. November 1993 (1993-11-01), Seiten 3183-3185, XP000432425 ISSN: 0018-9464 Zusammenfassung; Abbildungen 3,7 Seite 3184, rechte Spalte, Absatz 3 - Absatz 5</p> <p>-----</p>	1



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/03444

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19642472 A	16-04-1998	NONE	
EP 0742440 A	13-11-1996	DE 29507675 U DE 29520066 U	29-06-1995 22-02-1996
DE 19705767 A	27-08-1998	WO 9836281 A	20-08-1998





**Translation**

**PATENT COOPERATION TREATY**

**PCT**

**INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT**

(PCT Article 36 and Rule 70)

3

Applicant's or agent's file reference vac337wo	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/03444	International filing date (day/month/year) 15 April 2000 (15.04.00)	Priority date (day/month/year) 29 April 1999 (29.04.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G01R 15/18		
Applicant VACUUMSCHMELZE GMBH		

<p>1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.</p> <p>2. This REPORT consists of a total of <u>6</u> sheets, including this cover sheet.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).</p> <p>These annexes consist of a total of <u>13</u> sheets.</p>
<p>3. This report contains indications relating to the following items:</p> <p>I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report</p> <p>II <input type="checkbox"/> Priority</p> <p>III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability</p> <p>IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention</p> <p>V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement</p> <p>VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited</p> <p>VII <input checked="" type="checkbox"/> Certain defects in the international application</p> <p>VIII <input checked="" type="checkbox"/> Certain observations on the international application</p>

Date of submission of the demand 29 November 2000 (29.11.00)	Date of completion of this report 16 July 2001 (16.07.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.



## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/03444

## I. Basis of the report

## 1. With regard to the elements of the international application:\*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages 1-11, filed with the letter of 06 June 2001 (06.06.2001)
- ☒ the claims:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages 1-5, filed with the letter of 06 June 2001 (06.06.2001)
- ☒ the drawings:  
pages 1/4-4/4, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

## 2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

## 3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

5. ☒ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.



## I. Basis of the report

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

**Basis of the report**

0) The amendments submitted with the letter of 5 June 2001 introduce substantive matter which, contrary to PCT **Article 34(2)(b)**, goes beyond the disclosure in the international application as filed.

1) The term "**resonance frequency**" as a characteristic of **the transformer** in the amended **Claim 1** and on the amended **page 2** of the description is not contained in the originally submitted application. For the purposes of this report, it is assumed that the "**transformer cut-off frequency**" from the originally filed application is meant.

2) The originally filed application does not indicate that the **driver circuit "is connected at the input end downstream of the secondary winding"** as **Claim 1** now specifies. Rather, the original **Claim 1** and also **Figure 1** indicate that the **driver circuit is connected at the input end downstream of the sensor means**", the secondary winding, on the contrary, being supplied at the output end. For the purposes of this report, it is assumed that the latter assertion was intended.

3) The originally filed application does not indicate that "**the compensating current is pulse-width modulated at a clock frequency**" as **Claim 1** now specifies. Rather, the pulse-width modulated compensating current has the given clock frequency according to the originally filed application. This compensating current of a given clock



**I. Basis of the report**

1. This report has been drawn on the basis of *(Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to the report since they do not contain amendments.)*:

frequency is pulse-width modulated by converting the measuring signal of the magnetic field sensor (see page 4, lines 5 to 12). It is assumed in this report that the original assertion was intended.

4) The feature of **Claim 1 and page 2, lines 28 to 30 of the description**, according to which the **low-pass filter arrangement has "a filter cut-off frequency lower than the resonant frequency of the transformer"**, cannot be found in the original application. Rather, the original Claim 1 specifies ,for example, a **"low-pass filter arrangement with a filter cut-off frequency higher than the transformer cut-off frequency"**. This assertion is used for the purposes of this report.





## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/03444

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-5	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-5	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-5	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

5) Reference is made to the following documents:

D1: DE-A-196 42 472,

D2: EP-A-0 742 440.

6) Document D1 is regarded as the prior art closest to the subject matter of Claim 1. Insofar as **Claim 1** can be understood (see **Boxes I, VII, and VIII**), the subject matter of said claim differs from the current sensor known from **D1** in that

- the clock frequency is higher than the transformer cut-off frequency which is determined by the transformer formed by the primary and secondary windings;

- the filter cut-off frequency of the low-pass filter arrangement is higher than the transformer cut-off frequency; and

- the resonance sharpness of the low-pass filter arrangement is dampened by an RC element connected in parallel to the secondary winding and the terminating resistance.



Therefore, the subject matter of Claim 1 is novel (**PCT Article 33(2)**).

7) The problem to be solved by the present invention can accordingly be regarded as the creation of a current sensor that can also be used at high primary current frequencies. The solution to this problem suggested by Claim 1 of the present application involves an inventive step (**PCT Article 33(3)**). Neither D1 nor D2 suggests allowing the current sensor to operate as a current transformer at high primary current frequencies. Accordingly, there is no suggestion in D1 or D2 of selecting the clock frequency higher than the transformer cut-off frequency and to use said low-pass filter arrangement whose resonance sharpness must be damped. Finally, D1 and D2 do not suggest how to achieve the damping effect.

8) **Claims 2 to 5** are dependent on Claim 1 and therefore likewise meet the PCT requirements for novelty and inventive step.



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/03444

## VII. Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

9) According to PCT **Rule 10.2**, terminology and signs must be used consistently throughout the entire application. This requirement is not met due to the use of the terms "puls**breiten**modulierten", "puls**breit**moduliert", and "puls**weiten**moduliert" [all meaning "pulse-width modulated"] for the same feature in **Claim 1** and likewise in the description, **page 2, lines 21 and 26**, for example. These terms are regarded as synonymous for the purposes of this report.



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/03444

## VIII. Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

10) The embodiments shown in **Figure 1** and specified in the **corresponding description** do not fall under the present claims. This contradiction between **Claim 1** and the description leads to doubts about the subject matter for which protection is sought, and therefore the claims lack clarity (PCT **Article 6**).





# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

REC'D 19 JUL 2001

WIPO PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts vac337wo	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 15/04/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 29/04/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01R15/18		
Anmelder VACUUMSCHMELZE GMBH.		

- Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
- Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
 Diese Anlagen umfassen insgesamt 13 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  29/11/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  16.07.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt - Gitschiner Str. 103 D-10958 Berlin Tel. +49 30 25901 - 0 Fax: +49 30 25901 - 840	Bevollmächtigter Bediensteter  Fritz, S  Tel. Nr. +49 30 25901 635 



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444

## I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-11                      eingegangen am                      06/06/2001    mit Schreiben vom                      05/06/2001

### **Patentansprüche, Nr.:**

1-5                      eingegangen am                      06/06/2001    mit Schreiben vom                      05/06/2001

### **Zeichnungen, Blätter:**

1/4-4/4                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*  
**siehe Beiblatt**

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen  
**siehe Beiblatt**

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
**siehe Beiblatt**

## VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
**siehe Beiblatt**



Zu Punkt I

**Grundlage des Berichts**

0) Die mit Schreiben vom 5.6.2001 eingereichten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu **Artikel 34 (2) b)** PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen:

1) Der Ausdruck "**Resonanzfrequenz**" als Eigenschaft **des Wandlers** im geänderten **Anspruch 1** und auf der geänderten **Seite 2** der Beschreibung findet sich nicht in den ursprünglich eingereichten Unterlagen. Für die Zwecke dieses Berichts wird davon ausgegangen, daß damit die "**Wandlergrenzfrequenz**" aus den ursprünglich eingereichten Unterlagen gemeint ist.

2) Es ist den ursprünglich eingereichten Unterlagen nicht zu entnehmen, daß die **Treiberschaltung "eingangsseitig der Sekundärwicklung nachgeschaltet ist"**, wie es **Anspruch 1** nun angibt. Vielmehr ist dem ursprünglichen Anspruch 1 und auch der Abbildung 1 zu entnehmen, daß die **Treiberschaltung eingangsseitig den Sensormitteln nachgeschaltet** ist, die Sekundärwicklung dagegen ausgangsseitig gespeist wird. Für die Zwecke dieses Berichts wird davon ausgegangen, daß die letztere Festlegung beabsichtigt war.

3) Es ist den ursprünglich eingereichten Unterlagen nicht zu entnehmen, daß "**der Kompensationsstrom mit einer Taktfrequenz ... pulsweitenmoduliert ist**" wie es **Anspruch 1** nun angibt. Vielmehr weist der pulsweitenmodulierte Kompensationsstrom nach den ursprünglich eingereichten Unterlagen die bestimmte Taktfrequenz auf. Dieser Kompensationsstrom von bestimmter Taktfrequenz wird durch die Umsetzung des Meßsignals des Magnetfeldsensors pulsweitenmoduliert, siehe Seite 4, Zeilen 5 bis 12. In diesem Bericht wird davon ausgegangen, daß diese ursprüngliche Festlegung beabsichtigt war.

4) Das Merkmal des **Anspruchs 1** und der Beschreibung, **Seite 2, Zeilen 28 bis 30**, wonach die **Tiefpaßfilteranordnung "eine Filtergrenzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Wandlers" besitzt**, ist den ursprünglichen Unterlagen nicht zu entnehmen. Vielmehr legt z.B. der ursprüngliche Anspruch 1 eine "**Tiefpaßfilteranordnung mit einer Filtergrenzfrequenz oberhalb der Wandlergrenzfrequenz**" fest. Diese Festlegung wird für die Zwecke dieses Berichts





angewendet.

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

5) Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: DE -A- 196 42 472

D2: EP -A- 0 742 440

6) D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Soweit der **Anspruch 1** zu verstehen ist (siehe die **Abschnitte I, VII und VIII**), unterscheidet sich sein Gegenstand von dem aus **D1** bekannten Stromsensor dadurch, daß

- die Taktfrequenz oberhalb der Wandlergrenzfrequenz ist, die durch den Wandler bestimmt ist, den Primärwicklung und Sekundärwicklung bilden,
  - die Filtergrenzfrequenz der Tiefpaßfilteranordnung oberhalb der Wandlergrenzfrequenz ist und
  - die Resonanzüberhöhung der Tiefpaßfilteranordnung durch ein parallel zu Sekundärwicklung und Abschlußwiderstand geschaltetes RC-Glied gedämpft wird.
- Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist somit neu (**Artikel 33 (2) PCT**).

7) Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, einen Stromsensor zu schaffen, der auch bei hohen Primärstromfrequenzen einsetzbar ist. Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht auf einer erfinderischen Tätigkeit (**Artikel 33(3) PCT**): Weder D1 noch D2 geben einen Hinweis darauf, den Stromsensor bei hohen Primärstromfrequenzen als Stromwandler arbeiten zu lassen. Demgemäß gibt es in D1 oder D2 auch keinen Hinweis darauf, die Taktfrequenz größer als die Wandlergrenzfrequenz zu wählen und die besagte Tiefpaßfilteranordnung einzusetzen, deren Resonanzüberhöhung gedämpft werden müßte. Schließlich gibt es in D1 oder D2 auch keinen Hinweis, wie die Dämpfung erreicht werden sollte.

8) Die **Ansprüche 2 bis 5** sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.



**Zu Punkt VII**

**Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

9) Nach **Regel 10.2 PCT** sind Terminologie und Zeichen in der gesamten Anmeldung einheitlich zu verwenden. Dieses Erfordernis ist aufgrund der Verwendung der Ausdrücke "puls**breiten**modulierten", "puls**breit**modulierte" und "puls**weiten**moduliert" für das gleiche Merkmal im **Anspruch 1** und auch in der Beschreibung, z.B. **Seite 2, Zeilen 21 und 26** nicht erfüllt. Die Begriffe werden für die Zwecke dieses Berichts als synonym angesehen.

**Zu Punkt VIII**

**Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

10) Die in **Abbildung 1** dargestellten und in der **zugehörigen Beschreibung** aufgeführten Ausführungsbeispiele fallen nicht unter die vorliegenden Ansprüche. Dieser Widerspruch zwischen dem **Anspruch 1** und der Beschreibung führt zu Zweifeln bezüglich des Gegenstandes des Schutzbegehrens, weshalb die Ansprüche nicht klar sind (**Artikel 6 PCT**).



## Beschreibung

### Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

- 5 Die Erfindung betrifft einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit einer vom zu messendem Strom durchflossenen Primärwicklung, die ein Magnetfeld erzeugt, das durch einen in einer Sekundärwicklung fließenden Kompensationsstrom kompensierbar ist, und mit vom Magnetfeld beeinflussten Sensor-
- 10 mitteln, denen eine Treiberschaltung nachgeschaltet ist, die die in Reihe mit einem Abschlußwiderstand geschaltete Sekundärwicklung mit einem pulsweitenmodulierten Kompensationssignal beaufschlagt.
- 15 Ein derartiger Stromsensor ist aus der DE-A-197 05 767 bekannt. Der bekannte Stromsensor weist einen Komparator auf, der an einem Komparatoreingang mit dem vom Sensormittel gelieferten Meßsignal und an einem anderen Komparatoreingang mit einer von einem Spannungsgenerator erzeugten Sägezahn-
- 20 spannung beaufschlagt ist. Der Komparator steuert zwei Gegentaktendstufen an, zwischen denen in Brückenschaltung der Abschlußwiderstand sowie die Sekundärwicklung geschaltet sind.
- 25 Aus der DE-OS-196 42 472 ist ein Stromsensor bekannt, der zur Verringerung des Energiebedarfs für den Kompensationsstrom und zur Reduzierung der Verluste bei einem Betrieb mit überhöhter Versorgungsspannung einen schaltenden Verstärker zu verwenden, der mit einem pulsenden Ansteuersignal angesteuert
- 30 wird, das ein in Abhängigkeit vom Meßwert gesteuertes Tastverhältnis besitzt.

Die EP-0 742 440 offenbart eine Vorrichtung zur Kompensationsstromwandlung, bei der ein getakteter Verstärker zur Er-

35 zeugung des Kompensationsstromes eingesetzt wird, dem eine Reglerstufe vorgeschaltet ist. Der pulsweitenmodulierte Takt



wird dabei aus einem Oszillator mit fester Frequenz abgeleitet.

Ein Nachteil bekannter Stromsensoren ist, daß aufgrund des  
5 Frequenzgangs der Treiberschaltung nur Primärströme bis zu  
einer bestimmten oberen Grenzfrequenz erfaßbar sind. Denn bei  
Frequenzen des Primärstroms oberhalb der Grenzfrequenz kann  
der Stromsensor den Änderungen des Primärstroms nicht länger  
10 folgen, so daß über den Abschlußwiderstand keine Spannung ab-  
fällt, obwohl ein Primärstrom durch die Primärwicklung  
fließt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung  
die Aufgabe zugrunde, einen Stromsensor zu schaffen, der auch  
15 bei hohen Primärstromfrequenzen einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Stromsensor gemäß Patentan-  
spruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Er-  
findungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

20 Dabei weist das pulsbreitmodulierte Kompensationssignal Takt-  
frequenzen oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz auf. Der Fre-  
quenzgang der Treiberschaltung gewährleistet bei vorhandenem  
zu messendem Strom einen messbaren Spannungsabfall über dem  
25 Abschlußwiderstand. Darüber hinaus ist eine Tiefpaßfilteran-  
ordnung zur Glättung des pulsbreitenmodulierten Kompensati-  
onsstromes vorgesehen, die der Treiberschaltung nachgeschal-  
tet ist, Induktivitäten und Kapazitäten umfaßt, eine Filter-  
grenzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Wandlers und  
30 unterhalb der Taktfrequenz der Treiberschaltung besitzt sowie  
eine Resonanzüberhöhung aufweist, wobei die Resonanzüberhö-  
hung der Tiefpaßfilteranordnung durch ein parallel zu Sekun-  
därwicklung und Abschlußwiderstand geschaltetes RC-Glied ge-  
dämpft wird.

35 Die Erfindung nutzt somit die Tatsache aus, daß der Stromsen-  
sor bei hohen Primärstromfrequenzen als Stromwandler arbei-





tet. Denn bei hohen Primärstromfrequenzen wird das anregende Magnetfeld zunehmend durch die aufgrund der induzierten Gegenspannung in der Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme kompensiert. Die aufgrund des Wandlerverhaltens durch die Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme haben ebenfalls einen Spannungsabfall am Abschlußwiderstand zur Folge. Die am Abschlußwiderstand aufgrund des Wandlerverhaltens auftretende Spannung macht sich dabei umso stärker bemerkbar je höher die Frequenz des Primärstroms ist, um oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz sich einem oberen Grenzwert anzunähern. Damit nun der Stromsensor gemäß der Erfindung unabhängig von der Primärstromfrequenz einsetzbar ist, ist dafür zu sorgen, daß auch im Frequenzbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten keine Lücke entsteht, in der die Spannung am Abschlußwiderstand wesentlich abfällt. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, daß die Taktfrequenzen des pulsweitenmodulierten Kompensationssignals oberhalb der Wandlergrenzfrequenz liegen und daß der Frequenzgang der Treiberschaltung, insbesondere deren obere Grenzfrequenz, auch im Frequenzbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten einen meßbaren Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand gewährleistet. Beide Maßnahmen zusammen stellen sicher, daß auch in einem Übergangsbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten ein meßbarer Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand auftritt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Ausführungsbeispiele sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 die Schaltung eines Stromsensors mit zwei Gegendtaktendstufen zwischen denen ein Abschlußwiderstand und die Sekundärwicklung in Reihe mit Tiefpaßfiltern in Brückenschaltung angeordnet sind;

**GEÄNDERTES BLATT**  
**IPEA/EP**



- Figur 2 ein Diagramm, das den Frequenzgang der über den Abschlußwiderstand abfallenden Spannung in Abhängigkeit von der Primärstromfrequenz zeigt;
- 5 Figur 3 ein Ersatzschaltbild für die Brückenschaltung aus Figur 1;
- Figur 4 ein Diagramm, das den Frequenzgang der Spannungsamplitude und der Phase bei dem Ersatzschaltbild aus Figur 3 darstellt;
- 10
- Figur 5 eine Schaltung eines Stromsensors, bei dem die durch die Tiefpaßfilter hervorgerufene Resonanzüberhöhung durch ein RC-Glied gedämpft ist;
- 15
- Figur 6 ein Diagramm, das den Frequenzgang und die Amplitude der Brückenschaltung aus Figur 5 darstellt;
- Figur 7 eine schematische Darstellung, die die unterschiedliche Kopplung zwischen Primärwicklung und Sekundärspulen veranschaulicht; und
- 20
- Figur 8 ein weiterer Stromsensor, bei dem Spannungsüberhöhungen zwischen den Sekundärspulen durch Begrenzungsmittel begrenzt sind.
- 25

Figur 1 zeigt einen Stromsensor 1 mit einer vom zu messenden Primärstrom  $I_p$  durchflossenen Primärwicklung 2, die über einen Magnetkern 3 an zwei die Sekundärwicklung 4 bildende Sekundärspulen 5 und 6 gekoppelt sind. Die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 ist jeweils durch die gestrichelten Pfeile M1 und M2 veranschaulicht. Der magnetische Fluß im Magnetkern 3 wird von einem Magnetfeldsensor 7 erfaßt, der einen Signalgenerator 8 zum Erzeugen von pulsweitenmodulierten Treibersignalen  $Q$  und  $\bar{Q}$  beaufschlagt. Die Treibersignale  $Q$  und  $\bar{Q}$  werden Endstufenschaltungen 9 und 10 zugeführt, die jeweils zwei Gegentakt-

30

35



endstufen 11 und 12 bildende Transistoren 13 ansteuern. Durch die Umsetzung des Meßsignals des Magnetfeldsensors 7 in die pulsweitenmodulierten Kompensationssignale, werden die Verluste in den Gegentaktendstufen 11 und 12 minimiert. Die Leistungstransistoren 13 sind jeweils von Freilaufdioden 14 überbrückt und unmittelbar an Versorgungsleitungen 15 und 16 angeschlossen. In Brückenschaltung zwischen den Gegentaktendstufen 11 und 12 sind jeweils Tiefpaßfilter 17 und 18, ein Abschlußwiderstand 19, sowie die Sekundärspulen 5 und 6 angeordnet. Die Tiefpaßfilter 17 und 18 umfassen jeweils Spulen 20 und 21 mit nachgeschaltetem, mit Masse verbundenen Kondensatoren 22 und 23.

Die Funktion des Stromsensors 1 wird nunmehr anhand Figur 2 erläutert.

Figur 2 stellt den Frequenzgang verschiedener am Abschlußwiderstand 19 abfallender Spannungskomponenten in Abhängigkeit von der Frequenz des Primärstroms  $I_p$  dar. Eine Wandlerkennlinie 24 stellt die Frequenzabhängigkeit derjenigen Spannungskomponente dar, die aufgrund des Wandlerverhaltens des Stromsensors 1 am Abschlußwiderstand 19 abfällt. Da mit zunehmender Frequenz des Primärstroms  $I_p$  das erregende Magnetfeld durch den aufgrund der induzierten Gegenspannung in den Sekundärspulen 5 und 6 fließenden Sekundärstrom immer stärker kompensiert wird, fällt am Abschlußwiderstand 19 eine mit zunehmender Frequenz steigende Spannung ab. Wegen der mit größer werdenden Frequenz zunehmenden Kompensation des magnetischen Flusses durch den Strom in den Sekundärspulen 5 und 6 erreicht die durch das Wandlerverhalten hervorgerufene Spannungskomponente schließlich oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz 25 eine Maximalspannung 26.

Die Sensorkennlinie 27 in Figur 2 veranschaulicht die Frequenzabhängigkeit derjenigen am Abschlußwiderstand 19 abfallenden Spannungskomponente, die durch das Sensorverhalten des Stromsensors 1 hervorgerufen wird. Bis zu einer Sensorgrenz-



frequenz 28 ist diese Spannungskomponente im wesentlichen konstant, um dann oberhalb der Sensorgrenzfrequenz 28 bedingt durch den Frequenzgang der vom Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildeten Treiberschaltung abzufallen. Damit bei jeder Frequenz des Primärstrom  $I_p$  am Abschlußwiderstand 19 eine Spannung abfällt, ist es notwendig, das Auftreten einer Lücke im Übergangsbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten zu vermeiden. Deshalb sollen Taktfrequenzen 29 der pulsweitenmodulierten Kompensationssignale  $Q$  und  $\bar{Q}$  möglichst oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Ein möglicher Bereich der Taktfrequenzen 29 ist in Figur 2 durch einen Pfeil 30 veranschaulicht. Auch die Sensorgrenzfrequenz 28 liegt vorzugsweise oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25. Wenn jedoch ein Einbruch der am Abschlußwiderstand 19 abfallenden Meßspannung in Kauf genommen wird, kann die Sensorgrenzfrequenz 28 auch unterhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Sensorgrenzfrequenz 28 nicht so niedrig ist, daß die Meßspannung am Abschlußwiderstand 19 derart stark einbricht, daß zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten eine Lücke im Frequenzgang der Meßspannung entsteht.

Üblicherweise wird die am Abschlußwiderstand 19 abfallende Meßspannung mit Hilfe eines an den beiden Enden des Abschlußwiderstands 19 angeschlossenen Differenzverstärkers gemessen. Wenn nun der Frequenzgang der Treiberschaltung, die von dem Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildet ist, eine Sensorgrenzfrequenz 28 aufweist, die über den Taktfrequenzen 29 liegt, und wenn die Tiefpaßfilter 17 und 18 nicht vorhanden sind, liegt an den Eingängen des Differenzverstärkers über dem Abschlußwiderstand 19 eine Gleichtaktspannung mit einem Spannungshub gleich der Spannungsdifferenz der Versorgungsspannungen und einer Frequenz gleich der Taktfrequenz 29 an. Typischerweise würde dann der Differenzverstärker über dem Abschlußwiderstand 19 mit einer Gleichtaktspannung von  $\pm 15$





Volt bei einer Frequenz von 400 kHz belastet. Die Gleichtakt-  
unterdrückung üblicher Operationsverstärker ist mit einer  
derartigen Gleichtaktbelastung überfordert.

- 5 Es ist deshalb zweckmäßig, die Sensorgrenzfrequenz 28 auf  
Werte unterhalb der Taktfrequenz 29 zu legen. Somit ergibt  
sich der in Figur 2 durch einen Pfeil 31 angedeutete bevor-  
zugte Bereich für die Sensorgrenzfrequenz 28.
- 10 Die Sensorgrenzfrequenz 28 läßt sich beispielsweise durch die  
in Figur 1 dargestellten Tiefpaßfilter 17 und 18 wirksam zu  
kleinen Werten hin verschieben. Dies wird in der Schaltung  
nach Figur 1 durch die Tiefpaßfilter 17 und 18 mit den Spulen  
20 und 21 sowie den Kondensatoren 22 und 23 bewerkstelligt.
- 15 Typische Werte für die Induktivitäten der Spulen 20 und 21  
und für die Kapazitäten der Kondensatoren 22 und 23 sind 68  
bis 100  $\mu$ H und 100 nF. Ein Nachteil der Schaltung aus Figur 1  
ist, daß die verwendeten Tiefpaßfilter 17 und 18 eine ausge-  
prägte Phasenverschiebung aufweisen. Dadurch kann eine nicht  
20 erwünschte Mitkoppelung über den Kreis Magnetfeldsensor 7,  
Signalgenerator 8, Endstufenschaltung 9 und 10, Gegentaktend-  
stufe 11 und 12, Sekundärwicklung 4, Magnetfeldsensor 7 ent-  
stehen, weshalb die Schaltung frei mit einer Frequenz, die  
der Resonanzfrequenz der Tiefpaßfilter 17 und 18 entspricht,  
25 schwingen kann.

Dieser Sachverhalt wird nun näher anhand der Figuren 3 und 4  
erläutert.

- 30 Figur 3 zeigt ein Ersatzschaltbild für die aus den Tiefpaß-  
filtern 17 und 18, dem Abschlußwiderstand 19 und der Sekun-  
därwicklung 4 gebildete Brückenschaltung. Dabei ist die Spule  
20 des Tiefpaßfilters 17 durch eine Filterinduktivität 32,  
eine Filterkapazität 33 und einen Filterwiderstand 34 darge-  
35 stellt. Entsprechend ist die Sekundärwicklung 4 durch eine  
Wicklungsinduktivität 35, eine Wicklungskapazität 36 und ei-  
nen Wicklungswiderstand 37 dargestellt. In Figur 3 gestri-



chelt eingezeichnet ist ferner ein von einem Widerstand 38 und einer Kapazität 39 gebildetes RC-Glied 40, auf das nachfolgend näher eingegangen wird.

- 5 In Figur 4 ist die Phase 41 und die Spannungsamplitude 42 der Meßspannung  $U_{Rb}$  über dem Abschlußwiderstand 19 in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen. Der erste Phasensprung um  $+180^\circ$  wird durch die Wicklungskapazität 36 zusammen mit der Wicklungsinduktivität 35 erzeugt und ist von untergeordneter
- 10 Bedeutung. Der zweite Phasensprung um  $-180^\circ$  wird durch das Tiefpaßfilter 17 bewirkt und erzeugt auf der Resonanzfrequenz eine Amplitudenüberhöhung, auf der der Stromsensor 1 schwingen kann.

- 15 Für die Simulation wurden folgende Werte verwendet:

- Die Filterinduktivität 32, die Filterkapazität 33 und der Filterwiderstand 34 wurden jeweils auf die Werte  $220 \mu\text{H}$ ,  $10 \text{ pF}$  und  $0,5 \text{ Ohm}$  gesetzt. Für die Wicklungsinduktivität 35, die
- 20 Wicklungskapazität 36 und den Wicklungswiderstand 37 wurden schließlich die Werte  $1 \text{ H}$ ,  $50 \text{ pF}$  und  $40 \text{ Ohm}$  gewählt.

- In Figur 5 ist die Resonanzüberhöhung beim zweiten Phasensprung durch das in Figur 3 gestrichelt eingezeichnete RC-
- 25 Glied 40 gedämpft worden. Typische Werte für den Widerstand 38 und die Kapazität 39 sind  $65 \text{ Ohm}$  und  $200 \text{ nF}$ . Wie aus Figur 6 hervorgeht, wird durch das zusätzliche RC-Glied 40 die Güte der Resonanz verringert und damit die Amplitudenüberhöhung beim zweiten Phasensprung reduziert, so daß die  $0 \text{ dB}$ -Linie
- 30 nicht mehr erreicht wird. Demzufolge treten in diesem Fall keine Schwingungen mehr auf.

- Bei einem abgewandelten, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Reduzierung der Resonanzüberhöhung durch einen
- 35 zum Tiefpaßfilter 17 und 18 parallel geschalteten Widerstand bewirkt. Dieser parallel geschaltete Widerstand kann ebenfalls den Stromsensor 1 stabilisieren. Aber dafür würden die



Filtereigenschaften der Tiefpaßfilter 17 und 18 verschlechtert werden.

- Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit hohen Frequenzen des Primärstroms  $I_p$  ist die Möglichkeit schneller Transienten des Primärstroms  $I_p$ . Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Sekundärwicklung 4 in beispielsweise die beiden Sekundärspulen 5 und 6 aufgeteilt ist. Üblicherweise ist die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 aufgrund des mechanischen Aufbaus des Stromsensors 1 und der Anordnung der Primärwicklung 2 bezüglich der Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedlich. In Figur 7 ist ein derartiger Fall dargestellt. In diesem Fall ist die Primärwicklung 2 ein drahtförmiger Leiter 43, der im Bogen durch die innere Öffnung des ringförmigen Magnetkerns 3 geführt ist. In dem in Figur 7 dargestellten Fall koppelt der drahtförmige Leiter 43 besser mit der Sekundärspule 5 als mit der Sekundärspule 6.
- Dies hat zur Folge, daß bei einer schnellen Transiente des Primärstroms  $I_p$ , d. h. bei großen  $dI_p/dt$  am Mittelpunkt zwischen den beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine außerordentlich hohe Spannung auftritt. Dies kommt daher, daß beim Stromanstieg durch die unterschiedliche magnetische Kopplung M1 und M2 in den Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedliche Sekundärströme angeregt werden. Da die Sekundärspule 5 und die Sekundärspule 6 in Reihe geschaltet sind, sind unterschiedliche Sekundärströme nur dann möglich, wenn an der Verbindung zwischen beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine Überspannung erzeugt wird. Diese Überspannung kann leicht mehrere Kilovolt erreichen und führt zumindest zum Durchschlag der Wicklungsisolation der Sekundärspulen 5 und 6. Es ist deshalb wichtig, diese Überspannungen zu begrenzen.
- Die Begrenzung der Überspannung ist bei dem in Figur 8 dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein paar in Reihe geschaltete, in Gegenrichtung gepolte Zenerdioden 44 bewerkstelligt,



die zusammen mit einem Ohmschen Widerstand 45 parallel zum Abschlußwiderstand 19 und zur Sekundärspule 6 geschaltet sind. Typischerweise liegt die Durchbruchspannung der Zenerdiode 44 bei 390 V. Damit die Begrenzungsschaltung bei niedrigem  $dI_p/dt$  nicht wirksam wird, ist es von Vorteil, wenn die Durchbruchsspannungen der Zenerdioden 44 möglichst hoch gewählt werden. Durch diese Begrenzungsschaltung fließen bei Überspannungen über den Abschlußwiderstand 19 zusätzliche Ströme. Das Meßergebnis am Abschlußwiderstand 19 wird dadurch geringfügig beeinflusst. Allerdings geschieht dies nur bei hohen  $dI_p/dt$  von beispielsweise über 100 A/ $\mu$ s. Solch schnelle Transienten treten im allgemeinen jedoch nur bei Kurzschlußströmen auf. In diesen Fällen ist jedoch keine hohe Genauigkeit bei der Messung des Primärstroms  $I_p$  erforderlich.

Durch den Ohmschen Widerstand 45 wird die Überspannung weniger hart begrenzt. Bei einem Wert für den Ohmschen Widerstand von 1 k $\Omega$ m wird die Zeitdauer der Überspannung auf 10  $\mu$ s begrenzt.

Zweckmäßigerweise wird die Begrenzungsschaltung über diejenige der beiden Sekundärspulen 5 und 6 gelegt, die am stärksten an die Primärwicklung 2 gekoppelt ist. Es ist jedoch auch möglich, zusätzlich zu der in Figur 8 dargestellten Begrenzungsschaltung eine weitere entsprechende Begrenzungsschaltung über die Sekundärspule 6 vorzusehen. In gleicher Weise ist es möglich, den Widerstand 45 nicht mit dem Tiefpaßfilter 17, sondern mit Masse zu verbinden. Bei dieser Lösung fließen die Begrenzungsströme jedoch nicht über den Abschlußwiderstand 19 und werden deshalb nicht erfaßt.

Abschließend sei angemerkt, daß die hier vorgestellten Prinzipien und Maßnahmen auch für Stromsensoren mit nur einer Treiberendstufe gelten. Beispielsweise ist es möglich, bei den in den Figuren 1, 5 und 8 dargestellten Ausführungsbeispielen die Gegentaktendstufe 11 sowie das Tiefpaßfilter 17

GEÄNDERTES BLATT  
IPEA/EP





entfallen zu lassen und ein Ende des Abschlußwiderstands 19  
mit Masse zu verbinden.

GEÄNDERTES BLATT  
IPEA/EP



## Neue Patentansprüche

1. Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit  
einer von einem zu messenden Strom durchflossenen Primär-  
5 wicklung (2), die ein Magnetfeld erzeugt,  
einer von einem Kompensationsstrom durchflossenen Sekun-  
därwicklung (4), die ein das Magnetfeld der Primärwicklung  
kompensierendes Magnetfeld erzeugt, wobei Primärwicklung und  
Sekundärwicklung zusammen einen Wandler mit bestimmter Reso-  
10 nanzfrequenz bilden,  
einem Abschlußwiderstand (19), der in Reihe zur Sekundär-  
wicklung geschaltet ist,  
Sensormitteln (7), die dem resultierenden Magnetfeld von  
Primärspule und Sekundärspule ausgesetzt sind,  
15 einer Treiberschaltung (8 bis 12), die eingangsseitig der  
Sekundärwicklung (4) nachgeschaltet ist und die ausgangssei-  
tig über den Abschlußwiderstand (19) die Sekundärwicklung (4)  
mit dem Kompensationsstrom speist, wobei der Kompensations-  
strom mit einer Taktfrequenz oberhalb der Resonanzfrequenz  
20 (25) des Wandlers pulsweitenmoduliert ist und  
einer Tiefpaßfilteranordnung (17, 18) zur Glättung des  
pulsbreitenmodulierten Kompensationsstromes, die der Treiber-  
schaltung (8 bis 12) nachgeschaltet ist, Induktivitäten (20,  
21) und Kapazitäten (22, 23) umfaßt, eine Filtergrenzfrequenz  
25 unterhalb der Resonanzfrequenz (25) des Wandlers und unter-  
halb der Taktfrequenz (29) der Treiberschaltung besitzt sowie  
eine Resonanzüberhöhung aufweist, wobei  
die Resonanzüberhöhung der Tiefpaßfilteranordnung (17,  
18) durch ein parallel zu Sekundärwicklung (4) und Abschluß-  
30 widerstand (19) geschaltetes RC-Glied (40) gedämpft wird.
2. Stromsensor nach Anspruch 1, bei dem die Sekundärwick-  
lung (4) in eine Vielzahl von Sekundärspulen (5, 6) unter-  
teilt ist, wobei zwischen den Sekundärspulen (5, 6) auftre-  
tende Überspannungen durch Begrenzungsmittel (44, 45) be-  
35 grenzt werden.

GEÄNDERTES BLATT  
IPEA/EP



3. Stromsensor nach Anspruch 2, bei dem die Begrenzungsmittel in Reihe geschaltete, gegensätzlich gepolte Zenerdioden (44) sind, die parallel zu den Sekundärspulen (5, 6) geschaltet sind.

5

4. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Treiberschaltung wenigstens eine Gegentaktendstufe (11, 12) aufweist.

10

5. Stromsensor nach Anspruch 4, bei dem der Abschlußwiderstand (19) und die Sekundärwicklung (4) in Brückenschaltung zwischen zwei Gegentaktendstufen (11, 12) geschaltet sind.



PATENT COOPERATION TREATY

20. NOV. 2000

PCT

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER  
Waldstrasse 33  
D-78048 Villingen-Schwenningen  
ALLEMAGNE

NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE  
COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL  
APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

Date of mailing (day/month/year) 09 November 2000 (09.11.00)		IMPORTANT NOTICE	
Applicant's or agent's file reference vac337wo			
International application No. PCT/EP00/03444	International filing date (day/month/year) 15 April 2000 (15.04.00)	Priority date (day/month/year) 29 April 1999 (29.04.99)	
Applicant VACUUMSCHMELZE GMBH et al			

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 09 November 2000 (09.11.00) under No. WO 00/67040

REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer J. Zahra Telephone No. (41-22) 338.83.38
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------





# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFTRAGTE BEHÖRDE

An:  WESTPHAL, MUSSGNUG & PARTNER Waldstrasse 33 D-78048 Villingen-Schwenningen ALLEMAGNE		16. JULI 2001  <b>PCT</b>
Absendedatum (Tag/Monat/Jahr) 16.07.2001		MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN PRÜFUNGSBERICHTS (Regel 71.1 PCT)
Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts vac337wo		<b>WICHTIGE MITTEILUNG</b>
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 15/04/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 29/04/1999
Anmelder VACUUMSCHMELZE GMBH.		

1. Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
2. Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
3. Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.
4. **ERINNERUNG**

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde  <div style="display: flex; align-items: center;">          Europäisches Patentamt - Gitschiner Str. 103          D-10958 Berlin          Tel. +49 30 25901 - 0          Fax: +49 30 25901 - 840       </div>	Bevollmächtigter Bediensteter  Geier, A  Tel. +49 30 25901-706
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------



1

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT



(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts vac337wo	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 15/04/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) 29/04/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G01R15/18		
Anmelder VACUUMSCHMELZE GMBH.		

1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.
2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 6 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.  
  
☒ Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).  
  
Diese Anlagen umfassen insgesamt 13 Blätter.

3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:

- I ☒ Grundlage des Berichts
- II ☐ Priorität
- III ☐ Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit
- IV ☐ Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung
- V ☒ Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung
- VI ☐ Bestimmte angeführte Unterlagen
- VII ☒ Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung
- VIII ☒ Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Datum der Einreichung des Antrags  29/11/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  16.07.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt - Gitschiner Str. 103 D-10958 Berlin Tel. +49 30 25901 - 0 Fax: +49 30 25901 - 840	Bevollmächtigter Bediensteter  Fritz, S  Tel. Nr. +49 30 25901 635  



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444

## I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-11                      eingegangen am                      06/06/2001    mit Schreiben vom                      05/06/2001

### **Patentansprüche, Nr.:**

1-5                      eingegangen am                      06/06/2001    mit Schreiben vom                      05/06/2001

### **Zeichnungen, Blätter:**

1/4-4/4                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/03444

- ☐ Beschreibung,      Seiten:  
☐ Ansprüche,      Nr.:  
☐ Zeichnungen,      Blatt:

5. ☒ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).  
siehe Beiblatt*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-5
	Nein: Ansprüche	

### 2. Unterlagen und Erklärungen siehe Beiblatt

## VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
siehe Beiblatt

## VIII. Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung

Zur Klarheit der Patentansprüche, der Beschreibung und der Zeichnungen oder zu der Frage, ob die Ansprüche in vollem Umfang durch die Beschreibung gestützt werden, ist folgendes zu bemerken:  
siehe Beiblatt





### Zu Punkt I

#### **Grundlage des Berichts**

0) Die mit Schreiben vom 5.6.2001 eingereichten Änderungen bringen Sachverhalte ein, die im Widerspruch zu **Artikel 34 (2) b)** PCT über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgehen:

1) Der Ausdruck "**Resonanzfrequenz**" als Eigenschaft **des Wandlers** im geänderten **Anspruch 1** und auf der geänderten **Seite 2** der Beschreibung findet sich nicht in den ursprünglich eingereichten Unterlagen. Für die Zwecke dieses Berichts wird davon ausgegangen, daß damit die "**Wandlergrenzfrequenz**" aus den ursprünglich eingereichten Unterlagen gemeint ist.

2) Es ist den ursprünglich eingereichten Unterlagen nicht zu entnehmen, daß die **Treiberschaltung "eingangsseitig der Sekundärwicklung nachgeschaltet ist"**, wie es **Anspruch 1** nun angibt. Vielmehr ist dem ursprünglichen Anspruch 1 und auch der Abbildung 1 zu entnehmen, daß die **Treiberschaltung eingangsseitig den Sensormitteln nachgeschaltet** ist, die Sekundärwicklung dagegen ausgangsseitig gespeist wird. Für die Zwecke dieses Berichts wird davon ausgegangen, daß die letztere Festlegung beabsichtigt war.

3) Es ist den ursprünglich eingereichten Unterlagen nicht zu entnehmen, daß "**der Kompensationsstrom mit einer Taktfrequenz ... pulsweitenmoduliert ist**" wie es **Anspruch 1** nun angibt. Vielmehr weist der pulsweitenmodulierte Kompensationsstrom nach den ursprünglich eingereichten Unterlagen die bestimmte Taktfrequenz auf. Dieser Kompensationsstrom von bestimmter Taktfrequenz wird durch die Umsetzung des Meßsignals des Magnetfeldsensors pulsweitenmoduliert, siehe Seite 4, Zeilen 5 bis 12. In diesem Bericht wird davon ausgegangen, daß diese ursprüngliche Festlegung beabsichtigt war.

4) Das Merkmal des **Anspruchs 1** und der Beschreibung, **Seite 2, Zeilen 28 bis 30**, wonach die **Tiefpaßfilteranordnung "eine Filtergrenzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Wandlers" besitzt**, ist den ursprünglichen Unterlagen nicht zu entnehmen. Vielmehr legt z.B. der ursprüngliche Anspruch 1 eine "**Tiefpaßfilteranordnung mit einer Filtergrenzfrequenz oberhalb der Wandlergrenzfrequenz**" fest. Diese Festlegung wird für die Zwecke dieses Berichts



angewendet.

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

5) Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: DE -A- 196 42 472

D2: EP -A- 0 742 440

6) D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Soweit der **Anspruch 1** zu verstehen ist (siehe die **Abschnitte I, VII und VIII**), unterscheidet sich sein Gegenstand von dem aus D1 bekannten Stromsensor dadurch, daß

- die Taktfrequenz oberhalb der Wandlergrenzfrequenz ist, die durch den Wandler bestimmt ist, den Primärwicklung und Sekundärwicklung bilden,
  - die Filtergrenzfrequenz der Tiefpaßfilteranordnung oberhalb der Wandlergrenzfrequenz ist und
  - die Resonanzüberhöhung der Tiefpaßfilteranordnung durch ein parallel zu Sekundärwicklung und Abschlußwiderstand geschaltetes RC-Glied gedämpft wird.
- Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist somit neu (**Artikel 33 (2) PCT**).

7) Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, einen Stromsensor zu schaffen, der auch bei hohen Primärstromfrequenzen einsetzbar ist. Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht auf einer erfinderischen Tätigkeit (**Artikel 33(3) PCT**): Weder D1 noch D2 geben einen Hinweis darauf, den Stromsensor bei hohen Primärstromfrequenzen als Stromwandler arbeiten zu lassen. Demgemäß gibt es in D1 oder D2 auch keinen Hinweis darauf, die Taktfrequenz größer als die Wandlergrenzfrequenz zu wählen und die besagte Tiefpaßfilteranordnung einzusetzen, deren Resonanzüberhöhung gedämpft werden müßte. Schließlich gibt es in D1 oder D2 auch keinen Hinweis, wie die Dämpfung erreicht werden sollte.

8) Die **Ansprüche 2 bis 5** sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.



Zu Punkt VII

**Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

9) Nach **Regel 10.2 PCT** sind Terminologie und Zeichen in der gesamten Anmeldung einheitlich zu verwenden. Dieses Erfordernis ist aufgrund der Verwendung der Ausdrücke "puls**breiten**modulierten", "puls**breit**modulierte" und "puls**weiten**moduliert" für das gleiche Merkmal im **Anspruch 1** und auch in der Beschreibung, z.B. **Seite 2, Zeilen 21 und 26** nicht erfüllt. Die Begriffe werden für die Zwecke dieses Berichts als synonym angesehen.

Zu Punkt VIII

**Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung**

10) Die in **Abbildung 1** dargestellten und in der **zugehörigen Beschreibung** aufgeführten Ausführungsbeispiele fallen nicht unter die vorliegenden Ansprüche. Dieser Widerspruch zwischen dem **Anspruch 1** und der Beschreibung führt zu Zweifeln bezüglich des Gegenstandes des Schutzbegehrens, weshalb die Ansprüche nicht klar sind (**Artikel 6 PCT**).

1

2

3

4

## Beschreibung

## Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

- 5 Die Erfindung betrifft einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit einer vom zu messendem Strom durchflossenen Primärwicklung, die ein Magnetfeld erzeugt, das durch einen in einer Sekundärwicklung fließenden Kompensationsstrom kompensierbar ist, und mit vom Magnetfeld beeinflussten Sensormitteln, denen eine Treiberschaltung nachgeschaltet ist, die die in Reihe mit einem Abschlußwiderstand geschaltete Sekundärwicklung mit einem pulsweitenmodulierten Kompensationssignal beaufschlagt.
- 10
- 15 Ein derartiger Stromsensor ist aus der DE-A-197 05 767 bekannt. Der bekannte Stromsensor weist einen Komparator auf, der an einem Komparatoreingang mit dem vom Sensormittel gelieferten Meßsignal und an einem anderen Komparatoreingang mit einer von einem Spannungsgenerator erzeugten Sägezahnspannung beaufschlagt ist. Der Komparator steuert zwei Gegentaktendstufen an, zwischen denen in Brückenschaltung der Abschlußwiderstand sowie die Sekundärwicklung geschaltet sind.
- 20
- 25 Aus der DE-OS-196 42 472 ist ein Stromsensor bekannt, der zur Verringerung des Energiebedarfs für den Kompensationsstrom und zur Reduzierung der Verluste bei einem Betrieb mit überhöhter Versorgungsspannung einen schaltenden Verstärker zu verwenden, der mit einem pulsenden Ansteuersignal angesteuert wird, das ein in Abhängigkeit vom Meßwert gesteuertes Tastverhältnis besitzt.
- 30

- Die EP-0 742 440 offenbart eine Vorrichtung zur Kompensationsstromwandlung, bei der ein getakteter Verstärker zur Erzeugung des Kompensationsstromes eingesetzt wird, dem eine Reglerstufe vorgeschaltet ist. Der pulsweitenmodulierte Takt
- 35





wird dabei aus einem Oszillator mit fester Frequenz abgeleitet.

Ein Nachteil bekannter Stromsensoren ist, daß aufgrund des  
5 Frequenzgangs der Treiberschaltung nur Primärströme bis zu  
einer bestimmten oberen Grenzfrequenz erfaßbar sind. Denn bei  
Frequenzen des Primärstroms oberhalb der Grenzfrequenz kann  
der Stromsensor den Änderungen des Primärstroms nicht länger  
10 folgen, so daß über den Abschlußwiderstand keine Spannung ab-  
fällt, obwohl ein Primärstrom durch die Primärwicklung  
fließt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung  
die Aufgabe zugrunde, einen Stromsensor zu schaffen, der auch  
15 bei hohen Primärstromfrequenzen einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird durch einen Stromsensor gemäß Patentan-  
spruch 1 gelöst. Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Er-  
findungsgedankens sind Gegenstand von Unteransprüchen.

20 Dabei weist das pulsbreitmodulierte Kompensationssignal Takt-  
frequenzen oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz auf. Der Fre-  
quenzgang der Treiberschaltung gewährleistet bei vorhandenem  
zu messendem Strom einen messbaren Spannungsabfall über dem  
25 Abschlußwiderstand. Darüber hinaus ist eine Tiefpaßfilteran-  
ordnung zur Glättung des pulsbreitenmodulierten Kompensati-  
onsstromes vorgesehen, die der Treiberschaltung nachgeschal-  
tet ist, Induktivitäten und Kapazitäten umfaßt, eine Filter-  
grenzfrequenz unterhalb der Resonanzfrequenz des Wandlers und  
30 unterhalb der Taktfrequenz der Treiberschaltung besitzt sowie  
eine Resonanzüberhöhung aufweist, wobei die Resonanzüberhö-  
hung der Tiefpaßfilteranordnung durch ein parallel zu Sekun-  
därwicklung und Abschlußwiderstand geschaltetes RC-Glied ge-  
dämpft wird.

35 Die Erfindung nutzt somit die Tatsache aus, daß der Stromsen-  
sor bei hohen Primärstromfrequenzen als Stromwandler arbei-



tet. Denn bei hohen Primärstromfrequenzen wird das anregende Magnetfeld zunehmend durch die aufgrund der induzierten Gegenspannung in der Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme kompensiert. Die aufgrund des Wandlerverhaltens durch die Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme haben ebenfalls einen Spannungsabfall am Abschlußwiderstand zur Folge. Die am Abschlußwiderstand aufgrund des Wandlerverhaltens auftretende Spannung macht sich dabei umso stärker bemerkbar je höher die Frequenz des Primärstroms ist, um oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz sich einem oberen Grenzwert anzunähern. Damit nun der Stromsensor gemäß der Erfindung unabhängig von der Primärstromfrequenz einsetzbar ist, ist dafür zu sorgen, daß auch im Frequenzbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten keine Lücke entsteht, in der die Spannung am Abschlußwiderstand wesentlich abfällt. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, daß die Taktfrequenzen des pulsweitenmodulierten Kompensationssignals oberhalb der Wandlergrenzfrequenz liegen und daß der Frequenzgang der Treiberschaltung, insbesondere deren obere Grenzfrequenz, auch im Frequenzbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten einen meßbaren Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand gewährleistet. Beide Maßnahmen zusammen stellen sicher, daß auch in einem Übergangsbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten ein meßbarer Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand auftritt.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Ausführungsbeispiele sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 die Schaltung eines Stromsensors mit zwei Gegen-taktendstufen zwischen denen ein Abschlußwiderstand und die Sekundärwicklung in Reihe mit Tiefpaßfiltern in Brückenschaltung angeordnet sind;



- Figur 2 ein Diagramm, das den Frequenzgang der über den Abschlußwiderstand abfallenden Spannung in Abhängigkeit von der Primärstromfrequenz zeigt;
- 5 Figur 3 ein Ersatzschaltbild für die Brückenschaltung aus Figur 1;
- Figur 4 ein Diagramm, das den Frequenzgang der Spannungsamplitude und der Phase bei dem Ersatzschaltbild aus Figur 3 darstellt;
- 10
- Figur 5 eine Schaltung eines Stromsensors, bei dem die durch die Tiefpaßfilter hervorgerufene Resonanzüberhöhung durch ein RC-Glied gedämpft ist;
- 15
- Figur 6 ein Diagramm, das den Frequenzgang und die Amplitude der Brückenschaltung aus Figur 5 darstellt;
- Figur 7 eine schematische Darstellung, die die unterschiedliche Kopplung zwischen Primärwicklung und Sekundärspulen veranschaulicht; und
- 20
- Figur 8 ein weiterer Stromsensor, bei dem Spannungsüberhöhungen zwischen den Sekundärspulen durch Begrenzungsmittel begrenzt sind.
- 25

Figur 1 zeigt einen Stromsensor 1 mit einer vom zu messenden Primärstrom  $I_p$  durchflossenen Primärwicklung 2, die über einen Magnetkern 3 an zwei die Sekundärwicklung 4 bildende Sekundärspulen 5 und 6 gekoppelt sind. Die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 ist jeweils durch die gestrichelten Pfeile M1 und M2 veranschaulicht. Der magnetische Fluß im Magnetkern 3 wird von einem Magnetfeldsensor 7 erfaßt, der einen Signalgenerator 8 zum Erzeugen von pulsweitenmodulierten Treibersignalen Q und  $\bar{Q}$  beaufschlagt. Die Treibersignale Q und  $\bar{Q}$  werden Endstufenschaltungen 9 und 10 zugeführt, die jeweils zwei Gegentakt-

30

35



endstufen 11 und 12 bildende Transistoren 13 ansteuern. Durch die Umsetzung des Meßsignals des Magnetfeldsensors 7 in die pulsweitenmodulierten Kompensationssignale, werden die Verluste in den Gegentaktendstufen 11 und 12 minimiert. Die Leistungstransistoren 13 sind jeweils von Freilaufdioden 14 überbrückt und unmittelbar an Versorgungsleitungen 15 und 16 angeschlossen. In Brückenschaltung zwischen den Gegentaktendstufen 11 und 12 sind jeweils Tiefpaßfilter 17 und 18, ein Abschlußwiderstand 19, sowie die Sekundärspulen 5 und 6 angeordnet. Die Tiefpaßfilter 17 und 18 umfassen jeweils Spulen 20 und 21 mit nachgeschaltetem, mit Masse verbundenen Kondensatoren 22 und 23.

Die Funktion des Stromsensors 1 wird nunmehr anhand Figur 2 erläutert.

Figur 2 stellt den Frequenzgang verschiedener am Abschlußwiderstand 19 abfallender Spannungskomponenten in Abhängigkeit von der Frequenz des Primärstroms  $I_p$  dar. Eine Wandlerkennlinie 24 stellt die Frequenzabhängigkeit derjenigen Spannungskomponente dar, die aufgrund des Wandlerverhaltens des Stromsensors 1 am Abschlußwiderstand 19 abfällt. Da mit zunehmender Frequenz des Primärstroms  $I_p$  das erregende Magnetfeld durch den aufgrund der induzierten Gegenspannung in den Sekundärspulen 5 und 6 fließenden Sekundärstrom immer stärker kompensiert wird, fällt am Abschlußwiderstand 19 eine mit zunehmender Frequenz steigende Spannung ab. Wegen der mit größer werdenden Frequenz zunehmenden Kompensation des magnetischen Flusses durch den Strom in den Sekundärspulen 5 und 6 erreicht die durch das Wandlerverhalten hervorgerufene Spannungskomponente schließlich oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz 25 eine Maximalspannung 26.

Die Sensorkennlinie 27 in Figur 2 veranschaulicht die Frequenzabhängigkeit derjenigen am Abschlußwiderstand 19 abfallenden Spannungskomponente, die durch das Sensorverhalten des Stromsensors 1 hervorgerufen wird. Bis zu einer Sensorgrenz-





frequenz 28 ist diese Spannungskomponente im wesentlichen konstant, um dann oberhalb der Sensorgrenzfrequenz 28 bedingt durch den Frequenzgang der vom Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildeten Treiberschaltung abzufallen. Damit bei jeder Frequenz des Primärstrom  $I_p$  am Abschlußwiderstand 19 eine Spannung abfällt, ist es notwendig, das Auftreten einer Lücke im Übergangsbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten zu vermeiden. Deshalb sollen Taktfrequenzen 29 der pulswertenmodulierten Kompensationssignale  $Q$  und  $\bar{Q}$  möglichst oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Ein möglicher Bereich der Taktfrequenzen 29 ist in Figur 2 durch einen Pfeil 30 veranschaulicht. Auch die Sensorgrenzfrequenz 28 liegt vorzugsweise oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25. Wenn jedoch ein Einbruch der am Abschlußwiderstand 19 abfallenden Meßspannung in Kauf genommen wird, kann die Sensorgrenzfrequenz 28 auch unterhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Sensorgrenzfrequenz 28 nicht so niedrig ist, daß die Meßspannung am Abschlußwiderstand 19 derart stark einbricht, daß zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten eine Lücke im Frequenzgang der Meßspannung entsteht.

Üblicherweise wird die am Abschlußwiderstand 19 abfallende Meßspannung mit Hilfe eines an den beiden Enden des Abschlußwiderstands 19 angeschlossenen Differenzverstärkers gemessen. Wenn nun der Frequenzgang der Treiberschaltung, die von dem Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildet ist, eine Sensorgrenzfrequenz 28 aufweist, die über den Taktfrequenzen 29 liegt, und wenn die Tiefpaßfilter 17 und 18 nicht vorhanden sind, liegt an den Eingängen des Differenzverstärkers über dem Abschlußwiderstand 19 eine Gleichtaktspannung mit einem Spannungshub gleich der Spannungsdifferenz der Versorgungsspannungen und einer Frequenz gleich der Taktfrequenz 29 an. Typischerweise würde dann der Differenzverstärker über dem Abschlußwiderstand 19 mit einer Gleichtaktspannung von  $\pm 15$



Volt bei einer Frequenz von 400 kHz belastet. Die Gleichtaktunterdrückung üblicher Operationsverstärker ist mit einer derartigen Gleichtaktbelastung überfordert.

- 5 Es ist deshalb zweckmäßig, die Sensorgrenzfrequenz 28 auf Werte unterhalb der Taktfrequenz 29 zu legen. Somit ergibt sich der in Figur 2 durch einen Pfeil 31 angedeutete bevorzugte Bereich für die Sensorgrenzfrequenz 28.
- 10 Die Sensorgrenzfrequenz 28 läßt sich beispielsweise durch die in Figur 1 dargestellten Tiefpaßfilter 17 und 18 wirksam zu kleinen Werten hin verschieben. Dies wird in der Schaltung nach Figur 1 durch die Tiefpaßfilter 17 und 18 mit den Spulen 20 und 21 sowie den Kondensatoren 22 und 23 bewerkstelligt.
- 15 Typische Werte für die Induktivitäten der Spulen 20 und 21 und für die Kapazitäten der Kondensatoren 22 und 23 sind 68 bis 100  $\mu\text{H}$  und 100 nF. Ein Nachteil der Schaltung aus Figur 1 ist, daß die verwendeten Tiefpaßfilter 17 und 18 eine ausgeprägte Phasenverschiebung aufweisen. Dadurch kann eine nicht
- 20 erwünschte Mitkoppelung über den Kreis Magnetfeldsensor 7, Signalgenerator 8, Endstufenschaltung 9 und 10, Gegentaktendstufe 11 und 12, Sekundärwicklung 4, Magnetfeldsensor 7 entstehen, weshalb die Schaltung frei mit einer Frequenz, die der Resonanzfrequenz der Tiefpaßfilter 17 und 18 entspricht,
- 25 schwingen kann.

Dieser Sachverhalt wird nun näher anhand der Figuren 3 und 4 erläutert.

- 30 Figur 3 zeigt ein Ersatzschaltbild für die aus den Tiefpaßfiltern 17 und 18, dem Abschlußwiderstand 19 und der Sekundärwicklung 4 gebildete Brückenschaltung. Dabei ist die Spule 20 des Tiefpaßfilters 17 durch eine Filterinduktivität 32, eine Filterkapazität 33 und einen Filterwiderstand 34 dargestellt.
- 35 Entsprechend ist die Sekundärwicklung 4 durch eine Wicklungsinduktivität 35, eine Wicklungskapazität 36 und einen Wicklungswiderstand 37 dargestellt. In Figur 3 gestri-



chelt eingezeichnet ist ferner ein von einem Widerstand 38 und einer Kapazität 39 gebildetes RC-Glied 40, auf das nachfolgend näher eingegangen wird.

5 In Figur 4 ist die Phase 41 und die Spannungsamplitude 42 der Meßspannung  $U_{Rb}$  über dem Abschlußwiderstand 19 in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen. Der erste Phasensprung um  $+180^\circ$  wird durch die Wicklungskapazität 36 zusammen mit der Wicklungsinduktivität 35 erzeugt und ist von untergeordneter  
10 Bedeutung. Der zweite Phasensprung um  $-180^\circ$  wird durch das Tiefpaßfilter 17 bewirkt und erzeugt auf der Resonanzfrequenz eine Amplitudenüberhöhung, auf der der Stromsensor 1 schwingen kann.

15 Für die Simulation wurden folgende Werte verwendet:

Die Filterinduktivität 32, die Filterkapazität 33 und der Filterwiderstand 34 wurden jeweils auf die Werte  $220 \mu\text{H}$ ,  $10 \text{ pF}$  und  $0,5 \text{ Ohm}$  gesetzt. Für die Wicklungsinduktivität 35, die  
20 Wicklungskapazität 36 und den Wicklungswiderstand 37 wurden schließlich die Werte  $1 \text{ H}$ ,  $50 \text{ pF}$  und  $40 \text{ Ohm}$  gewählt.

In Figur 5 ist die Resonanzüberhöhung beim zweiten Phasensprung durch das in Figur 3 gestrichelt eingezeichnete RC-Glied 40 gedämpft worden. Typische Werte für den Widerstand  
25 38 und die Kapazität 39 sind  $65 \text{ Ohm}$  und  $200 \text{ nF}$ . Wie aus Figur 6 hervorgeht, wird durch das zusätzliche RC-Glied 40 die Güte der Resonanz verringert und damit die Amplitudenüberhöhung beim zweiten Phasensprung reduziert, so daß die  $0 \text{ dB}$ -Linie  
30 nicht mehr erreicht wird. Demzufolge treten in diesem Fall keine Schwingungen mehr auf.

Bei einem abgewandelten, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Reduzierung der Resonanzüberhöhung durch einen  
35 zum Tiefpaßfilter 17 und 18 parallel geschalteten Widerstand bewirkt. Dieser parallel geschaltete Widerstand kann ebenfalls den Stromsensor 1 stabilisieren. Aber dafür würden die



Filtereigenschaften der Tiefpaßfilter 17 und 18 verschlechtert werden.

- Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit hohen Frequenzen des Primärstroms  $I_p$  ist die Möglichkeit schneller Transienten des Primärstroms  $I_p$ . Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Sekundärwicklung 4 in beispielsweise die beiden Sekundärspulen 5 und 6 aufgeteilt ist. Üblicherweise ist die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 aufgrund des mechanischen Aufbaus des Stromsensors 1 und der Anordnung der Primärwicklung 2 bezüglich der Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedlich. In Figur 7 ist ein derartiger Fall dargestellt. In diesem Fall ist die Primärwicklung 2 ein drahtförmiger Leiter 43, der im Bogen durch die innere Öffnung des ringförmigen Magnetkerns 3 geführt ist. In dem in Figur 7 dargestellten Fall koppelt der drahtförmige Leiter 43 besser mit der Sekundärspule 5 als mit der Sekundärspule 6.
- Dies hat zur Folge, daß bei einer schnellen Transiente des Primärstroms  $I_p$ , d. h. bei großen  $dI_p/dt$  am Mittelpunkt zwischen den beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine außerordentlich hohe Spannung auftritt. Dies kommt daher, daß beim Stromanstieg durch die unterschiedliche magnetische Kopplung  $M_1$  und  $M_2$  in den Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedliche Sekundärströme angeregt werden. Da die Sekundärspule 5 und die Sekundärspule 6 in Reihe geschaltet sind, sind unterschiedliche Sekundärströme nur dann möglich, wenn an der Verbindung zwischen beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine Überspannung erzeugt wird. Diese Überspannung kann leicht mehrere Kilovolt erreichen und führt zumindest zum Durchschlag der Wicklungsisolation der Sekundärspulen 5 und 6. Es ist deshalb wichtig, diese Überspannungen zu begrenzen.
- Die Begrenzung der Überspannung ist bei dem in Figur 8 dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein paar in Reihe geschaltete, in Gegenrichtung gepolte Zenerdioden 44 bewerkstelligt,





die zusammen mit einem Ohmschen Widerstand 45 parallel zum Abschlußwiderstand 19 und zur Sekundärspule 6 geschaltet sind. Typischerweise liegt die Durchbruchspannung der Zenerdiode 44 bei 390 V. Damit die Begrenzungsschaltung bei niedrigem  $dI_p/dt$  nicht wirksam wird, ist es von Vorteil, wenn die Durchbruchsspannungen der Zenerdioden 44 möglichst hoch gewählt werden. Durch diese Begrenzungsschaltung fließen bei Überspannungen über den Abschlußwiderstand 19 zusätzliche Ströme. Das Meßergebnis am Abschlußwiderstand 19 wird dadurch geringfügig beeinflusst. Allerdings geschieht dies nur bei hohen  $dI_p/dt$  von beispielsweise über 100 A/ $\mu$ s. Solch schnelle Transienten treten im allgemeinen jedoch nur bei Kurzschlußströmen auf. In diesen Fällen ist jedoch keine hohe Genauigkeit bei der Messung des Primärstroms  $I_p$  erforderlich.

Durch den Ohmschen Widerstand 45 wird die Überspannung weniger hart begrenzt. Bei einem Wert für den Ohmschen Widerstand von 1 k $\Omega$ m wird die Zeitdauer der Überspannung auf 10  $\mu$ s begrenzt.

Zweckmäßigerweise wird die Begrenzungsschaltung über diejenige der beiden Sekundärspulen 5 und 6 gelegt, die am stärksten an die Primärwicklung 2 gekoppelt ist. Es ist jedoch auch möglich, zusätzlich zu der in Figur 8 dargestellten Begrenzungsschaltung eine weitere entsprechende Begrenzungsschaltung über die Sekundärspule 6 vorzusehen. In gleicher Weise ist es möglich, den Widerstand 45 nicht mit dem Tiefpaßfilter 17, sondern mit Masse zu verbinden. Bei dieser Lösung fließen die Begrenzungsströme jedoch nicht über den Abschlußwiderstand 19 und werden deshalb nicht erfaßt.

Abschließend sei angemerkt, daß die hier vorgestellten Prinzipien und Maßnahmen auch für Stromsensoren mit nur einer Treiberendstufe gelten. Beispielsweise ist es möglich, bei den in den Figuren 1, 5 und 8 dargestellten Ausführungsbeispielen die Gegentaktendstufe 11 sowie das Tiefpaßfilter 17

GEÄNDERTES BLATT  
IPEA/EP



entfallen zu lassen und ein Ende des Abschlußwiderstands 19 mit Masse zu verbinden.

GEÄNDERTES BLATT  
IPEA/EP



## Neue Patentansprüche

1. Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit  
einer von einem zu messenden Strom durchflossenen Primär-  
5 wicklung (2), die ein Magnetfeld erzeugt,  
einer von einem Kompensationsstrom durchflossenen Sekun-  
därwicklung (4), die ein das Magnetfeld der Primärwicklung  
kompensierendes Magnetfeld erzeugt, wobei Primärwicklung und  
Sekundärwicklung zusammen einen Wandler mit bestimmter Reso-  
10 nanzfrequenz bilden,  
einem Abschlußwiderstand (19), der in Reihe zur Sekundär-  
wicklung geschaltet ist,  
Sensormitteln (7), die dem resultierenden Magnetfeld von  
Primärspule und Sekundärspule ausgesetzt sind,  
15 einer Treiberschaltung (8 bis 12), die eingangsseitig der  
Sekundärwicklung (4) nachgeschaltet ist und die ausgangssei-  
tig über den Abschlußwiderstand (19) die Sekundärwicklung (4)  
mit dem Kompensationsstrom speist, wobei der Kompensations-  
strom mit einer Taktfrequenz oberhalb der Resonanzfrequenz  
20 (25) des Wandlers pulsweitenmoduliert ist und  
einer Tiefpaßfilteranordnung (17, 18) zur Glättung des  
pulsbreitenmodulierten Kompensationsstromes, die der Treiber-  
schaltung (8 bis 12) nachgeschaltet ist, Induktivitäten (20,  
21) und Kapazitäten (22, 23) umfaßt, eine Filtergrenzfrequenz  
25 unterhalb der Resonanzfrequenz (25) des Wandlers und unter-  
halb der Taktfrequenz (29) der Treiberschaltung besitzt sowie  
eine Resonanzüberhöhung aufweist, wobei  
die Resonanzüberhöhung der Tiefpaßfilteranordnung (17,  
18) durch ein parallel zu Sekundärwicklung (4) und Abschluß-  
30 widerstand (19) geschaltetes RC-Glied (40) gedämpft wird.

2. Stromsensor nach Anspruch 1, bei dem die Sekundärwick-  
lung (4) in eine Vielzahl von Sekundärspulen (5, 6) unter-  
teilt ist, wobei zwischen den Sekundärspulen (5, 6) auftre-  
35 tende Überspannungen durch Begrenzungsmittel (44, 45) be-  
grenzt werden.

GEÄNDERTES BLATT  
IPSA/EP



3. Stromsensor nach Anspruch 2, bei dem die Begrenzungsmittel in Reihe geschaltete, gegensätzlich gepolte Zenerdioden (44) sind, die parallel zu den Sekundärspulen (5, 6) geschaltet sind.

5

4. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem die Treiberschaltung wenigstens eine Gegentaktendstufe (11, 12) aufweist.

10

5. Stromsensor nach Anspruch 4, bei dem der Abschlußwiderstand (19) und die Sekundärwicklung (4) in Brückenschaltung zwischen zwei Gegentaktendstufen (11, 12) geschaltet sind.





PCT

WORLD ORGANISATION FOR INTELLECTUAL PROPERTY

International Office

0/030009

531 Rec'd PCT/PTO

29 OCT 2001

INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED IN ACCORDANCE WITH THE AGREEMENT ON  
INTERNATIONAL COOPERATION IN THE AREA OF PATENT LAW (PCT)

(51) International Patent Classification<sup>7</sup>:  
G01R 15/18 A1

(11) International Publication No.: WO 00/67040

(43) International Publication  
Date: November 9, 2000 (11/9/2000)

(21) International File No.: PCT/EP00/03444

(81) Destination Countries: [see source for list]

(22) International Application  
Date: April 15, 2000 (4/15/2000)

(30) Priority Dates:  
199 19 602.8 April 29, 1999 (4/29/1999) DE

Published  
With international search report.  
Approved deadline for changes to the claims:  
Publication will be repeated if changes apply.

(71) Applicant (for all destination countries,  
except US): VACUUMSCHMELZE GMBH  
(DE/DE), Grüner Weg 37, D-63450 Hanau  
(DE), SEMIKRON ELEKTRONIK GMBH  
(DE/DE); Sigmundstrasse 200, D-90423 Nürnberg (DE).

(72) Inventor, and

(75) Inventor/Applicant (for US only): LENHARD,  
Friedrich (DE/DE), Brucknerstrasse 84,  
D-63452 Hanau (DE), SCHÄFER, Stefan  
(DE/DE), Burgblick 5, D-55452 Rümmelsheim  
(DE), MOURICK, Paul (DE/DE), Falken-  
strasse 38, D-90766 Fürth (DE).

(74) Attorney: WESTPHAL, MUSSGNUMG &  
PARTNERS, Waldstrasse 33, D-78048  
Villingen-Schwenningen (DE).

(54) Title: [see source for English]

(57) Abstract [see source for English]



FOR INFORMATION ONLY

Codes for identification of PCT contract countries on letterheads of documents publishing applications in accordance with PCT.

AL	Albania	ES	Spain	LS	Lesotho	SL	Slovenia
AM	Armenia	FI	Finland	LT	Lithuania	SK	Slovakia
AT	Austria	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Senegal
AU	Australia	GA	Gabon	LV	Latvia	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaijan	GB	United Kingdom	MC	Monaco	TD	Chad
BA	Bosnia-Herzegovina	GE	Georgia	MD	Republic of Moldavia	TO	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tajikistan
BE	Belgium	GN	Guinea	MK	The former Yugoslav Republic of Macedonia	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Greece			TR	Turkey
BG	Bulgaria	HU	Hungary	ML	Mali	TT	Trinidad and Tobago
BJ	Benin	IE	Ireland	MN	Mongolia	UA	Ukraine
BR	Brazil	IL	Israel	MR	Mauritania	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Iceland	MW	Malawi	US	United States of America
CA	Canada	IT	Italy	MX	Mexico		
CF	Central African Republic	JP	Japan	NE	Niger	UZ	Uzbekistan
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Netherlands	VN	Vietnam
CH	Switzerland	KG	Kyrgyzstan	NO	Norway	YU	Yugoslavia
CI	Ivory Coast	KP	Dem. People's Republic of Korea	NZ	New Zealand	ZW	Zimbabwe
CM	Cameroon			PL	Poland		
CN	China	KR	Republic of Korea	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakhstan	RO	Romania		
CZ	Czech Republic	LC	St. Lucia	RU	Russian Federation		
DE	Germany	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DK	Denmark	LK	Sri Lanka	SE	Sweden		
EE	Estonia	LR	Liberia	SG	Singapore		



REPLACED BY  
ART 34 AMDT

WO 00/67040

4 PRTS

610/030009  
531 Rec'd PCT/PTL 29 OCT 2001

PCT/EP00/03444

1

#### Description

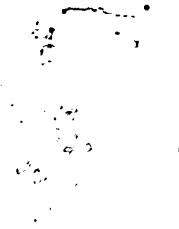
Current sensor working in accordance with the compensation principle

The invention relates to a current sensor working in accordance with the compensation principle with a primary winding through which the current to be measured flows, creating a magnetic field which can be compensated by compensation current flowing through a secondary winding, and by sensor means influenced by the magnetic field, which are down-streamed by a booster circuit, and which discharges the secondary winding connected in a series by a terminating resistor, with a pulse-duration modulated compensation signal.

Such a current sensor is known from DE-A-197 05 767. The known current sensor possesses a comparator, which is discharged at one comparator input with the measuring signal delivered by the sensor means, and on the other comparator input with a linear time base generated by a voltage generator. The comparator controls two reverse timing power amplifiers, between which the terminating resistor as well as the secondary winding is connected in a bridge circuit.

One of the disadvantages of the known current sensor is the fact that due to the frequency response of the booster circuit, only primary currents up to a certain upper frequency threshold can be measured. The current sensor can no longer follow the changes with frequencies of the primary current above the frequency threshold, so that the voltage does not drop via the terminating resistor, even though primary current is flowing through the primary winding.

Based on this state of technology, the task of the invention is to create a currency sensor, which can also be used at high primary current frequencies.



This task is solved by the invention in that the pulse-duration modulated compensation signal possesses timing frequencies above the converter frequency threshold, whereby the frequency response of the booster circuit at the existing current to be measured ensures a measurable voltage drop via the terminating resistor.

The invention therefore uses the fact that the current sensor works as a current converter at high primary current frequencies. The energizing magnetic field is increasingly compensated at high primary current frequencies by the secondary currents flowing through the secondary winding caused by the reverse voltage. The secondary currents flowing through the secondary winding due to the converter behavior also result in a voltage drop at the terminating resistor. The voltage created at the terminating resistor due to the converter behavior gets stronger the higher the frequency of the primary current gets, in order to near the upper threshold value above the converter frequency threshold. In order for the current sensor relating to the invention to be usable independently of the primary current frequency, it must be ensured that no gap is formed in the frequency range between the converter behavior and the sensor behavior, in which the voltage at the terminating resistor drops substantially. This is achieved in particular by the timing frequencies of the pulse-duration modulated compensation signal being above the converter frequency threshold, and by the fact that the frequency response of the booster circuit, in particular that of the upper frequency threshold, also ensures a measurable voltage drop via the terminating resistor. Both measures combined ensure that a measurable voltage drop also occurs in a transition area between sensor behavior and converter behavior via the terminating resistor.

Additional beneficial designs and examples are subject to the attached claims.



10-11-12





The following examples of the invention are explained in detail in the attached drawing. They show:

- Figure 1      the circuit of a current sensor with two reverse timing power amplifiers, between which a terminating resistor and the secondary winding are arranged in a series with low-pass filters in a bridge circuit;
- Figure 2      a diagram, which shows the frequency threshold of the voltage dropping via the terminating resistor in dependency of the primary current frequency;
- Figure 3      a substitute circuit diagram for the bridge circuit from figure 1;
- Figure 4      a diagram, illustrating the frequency threshold of the voltage amplitude and the phase at the substitute circuit diagram from figure 3;
- Figure 5      a circuit of a current sensor, at which the excessive resonance caused by the low-pass filter is damped by an RC element;
- Figure 6      a diagram illustrating the frequency threshold and the amplitude of the bridge circuit from figure 5;
- Figure 7      a schematic illustration showing the different feedback between the primary winding and the secondary coil; and
- Figure 8      an additional current sensor, at which the excessive voltage between the secondary coils is limited via limiting means.

Figure 1 shows a current sensor 1 with a primary winding 2, through which the primary current I to be measured flows, both of which are coupled to two secondary coils 5 and 6

100

100

forming the secondary winding 4 via a magnetic core 3. The magnetic feedback between the primary winding 2 and the secondary coils 5 and 6 each is illustrated by the broken-lined arrows M1 and M2. The magnetic flow within the magnet core 3 is detected by a magnetic field sensor 7, which discharges a signal generator 8 for generating pulse-duration modulated booster signals Q and Q'. The booster signals Q and Q' are fed to the power amplifier circuits 9 and 10, each controlling transistors 13 forming two reverse timing power amplifiers 11 and 12. By converting the measuring signal of the magnetic field sensor 7 into the pulse-duration modulated compensation signals, any losses in the reverse timing power amplifiers 11 and 12 are minimized. The power transistors 13 are each bypassed by freewheeling diodes 14 and directly connected to the feed wires 15 and 16. Low-pass filters 17 and 18, a terminating resistor 19, and the secondary coils 5 and 6 are arranged in the bridge circuit between the reverse timing power amplifiers 11 and 12. The low-pass filters 17 and 18 each contain coils 20 and 21 with down-streamed condensers 22 and 23 connected to mass.

Figure 2 explains the functions of the current sensor 1.

Figure 2 illustrates the frequency response of different voltage components dropping at the terminating resistor 19 depending on the frequency of the primary current I. A converter characteristic curve 24 represents the frequency dependency of that voltage component, which drops at the terminating resistor 19 due to the converter behavior of the current sensor 1. As the energized magnetic field is increasingly compensated by the secondary current flowing through the secondary coils 5 and 6 induced by a reverse voltage at increasing frequency of the primary current I, the voltage increasing at the terminating resistor 19 drops with increasing frequency. Due to the compensation of the magnetic flow of the



current in the secondary coils 5 and 6, which increases with increasing frequency, the voltage component caused by the converter behavior finally reaches a maximum voltage 26 above a converter frequency 25.

The sensor characteristic curve 27 in figure 2 illustrates the frequency dependency of that voltage component dropping at the terminating resistor 19, which is caused by the sensor behavior of the current sensor 1. This voltage component is essentially consistent up to a certain sensor frequency threshold 28, in order to then drop above the sensor frequency threshold 28 in the booster circuit, which is caused by the frequency threshold formed by the signal generator 8, the timing power amplifiers 9 and 10 and the reverse timing power amplifiers 11 and 12. In order to ensure a voltage drop at each frequency of the primary current I at the terminating resistor 19, it is necessary to avoid any gaps in the transition area between the converter behavior and the sensor behavior. For this reason, the timing frequencies 29 of the pulse-duration modulated compensation signals Q and Q' should be above the converter frequency threshold 25, if possible. One possible area of timing frequencies 29 is illustrated in figure 2 by an arrow 30. The sensor frequency threshold 28 should also preferably be above the converter frequency threshold 25. However, if an interruption of the measuring voltage dropping at the terminating resistor 19 is calculated in, the sensor frequency threshold 28 may also be below the converter frequency threshold 25. It must be ensured, however, that the sensor frequency threshold 28 is not so low that the measuring voltage at the terminating resistor 19 interrupts so strongly that a gap is formed in the frequency response of the measuring voltage between the converter behavior and the sensor behavior.

The measuring voltage dropping at the terminating resistor 19 is usually measured with the aid of a differential amplifier connected to both ends of the terminating resistor 19. When the frequency response of the booster circuit, which consists of the signal generator 8, the power amplifier circuits 9 and 10 as well as the reverse timing power amplifiers 11

1

1

and 12, shows a sensor frequency threshold 28 above the timing frequencies 29, and the low-pass filters 17 and 18 are not available, a common mode voltage common with the voltage differential of the supply voltages and a frequency common to the timing frequency 29 is contiguous to the inputs of the differential amplifier via the terminating resistor 19. Typically, the differential amplifier would then be loaded via a common-mode voltage of +/- 15 volts at a frequency of 400 kHz via the terminating resistor 19. The common-mode suppression of common operating amplifiers is usually unable to withstand such a common-mode load.

It is therefore beneficial to place the sensor frequency threshold 28 to values below the timing frequency 29. This results in preferred areas for the sensor frequency threshold 28 as illustrated in figure 2 by the arrow 31.

The sensor frequency threshold 28, for instance, can effectively be moved in small increments by the low-pass filters 17 and 18 as illustrated in figure 1. According to figure 1, this is done in the circuit by the low-pass filters 17 and 18 with the coils 20 and 21 as well as the condensers 22 and 23. Typical values for the inductance of the coils 20 and 21, and for the capacities of the condensers 22 and 23 are 68 to 100  $\mu$ H and 100 nF. One disadvantage of the circuit from figure 1 is that the low-pass filters 17 and 18 used contain a non-salient phase displacement. This can cause an undesirable regenerative feedback across the circuit magnetic field sensor 7, signal generator 8, timing power amplifier circuit 9 and 10, reverse timing power amplifiers 11 and 12, secondary winding 4, magnetic field sensor 7, whereby the circuit can oscillate freely at a frequency corresponding to the resonance frequency of the low-pass filters 17 and 18.

These facts are explained in detail in figures 3 and 4.

100

100

100



Figure 3 shows a substitute circuit diagram for the bridge circuit formed from the low-pass filters 17 and 18, the terminating resistor 19, and the secondary winding 4. The coil 20 of the low-pass filter 17 is illustrated by a filter inductance 32, a filter capacity 33, and a filter resistor 34. Accordingly, the secondary winding 4 is illustrated by a winding inductance 35, a winding capacitance 36, and a winding resistor 37. Figure 3 also shows an RC element 40, illustrated by a broken line, formed by a resistor 38 and a capacity 39, which will be explained in detail in another paragraph.

Figure 4 shows the task of the phase 41 and the voltage amplitude 42 of the measuring voltage  $U_{Rb}$  via the terminating resistor 19 in dependency of the frequency. The first phase jump by  $+180^\circ$  is created by the winding capacitance 36 in combination with the winding inductance 35, and is of secondary meaning. The second phase jump by  $-180^\circ$  is effected by the low-pass filter 17 and creates an excess of amplitude on the resonance frequency, on which the current sensor 1 can oscillate.

The following values were used for the simulation:

The filter inductance 32, the filter capacitance 33, and the filter resistor 34 were each set to the values 220  $\mu$ H, 10 pF and 0.5 ohms. Finally, the values 1 H, 50 pF, and 40 ohms were selected for the winding inductance 35, the winding capacitance 36, and the winding resistor 37.

Figure 5 shows how the excessive resonance was damped at the second phase jump by the RC element 40, shown as a broken line in figure 3. Typical values for the resistor 38, and the capacitance 39 are 65  $\Omega$ , and 200 nF. As figure 6 shows, the additional RC element 40 reduces the resonance quality, and thereby also reduces the excessive



amplitude at the second phase jump, so that the 0 dB line is no longer achieved. Therefore, oscillations no longer occur in this case.

In an alternate, not illustrated example, the reduction of the excessive resonance is effected by a resistor, which is connected in parallel to a low-pass filter 17 and 18. This resistor connected in parallel can also stabilize the current sensor 1. However, the filter characteristics of the low-pass filters 17 and 18 would have to be reduced for this purpose.

Another problem with regard to high frequencies of the primary current  $I_p$  is the possibility of fast transients of the primary current  $I_p$ . This is of particular meaning when the secondary winding 4, is arranged, for instance, into both secondary coils 5 and 6. Typically, the magnetic feedback between the primary winding 2 and the secondary coils 5 and 6 differs due to the mechanical construction of the current sensor 1, and the arrangement of the primary winding 2 with regard to the secondary coils 5 and 6. Figure 7 shows such a case. In this case, the primary winding 2 is a wire-like conductor 43, which is fed through the inner orifice of the ring-like magnetic core 3 in an arc. In the case illustrated in figure 7, the wire-like conductor 43 provides better feedback to the secondary coil 5 than to the secondary coil 6.

This results in the occurrence of an extremely high voltage at a very fast transient of the primary current  $I_p$ , i.e., at a large  $dI_p/dt$  at the center point between both secondary coils 5 and 6. This is due to the fact that different secondary currents are energized in the secondary coils 5 and 6 by the varying magnetic feedback M1 and M2 during the current increase. Because the secondary coil 5 and the secondary coil 6 are connected in a series, different secondary currents are possible only if excessive voltage is generated at the



connection between both secondary coils 5 and 6. This excessive voltage can easily reach several kilovolts, and leads to at least a breakdown of the winding insulation of the secondary coils 5 and 6. It is therefore important to limit these excessive voltages.

Limitation of excessive voltage is done in the example illustrated in figure 8 by a few Zener diodes 44, which are connected in a series, and polarized in reverse order, which, together with an ohmic resistance 45, are connected in a series to the terminating resistor 19 and to the secondary coil 6. Typically, the breakdown voltage of the Zener diode 44 is at 390 v. In order for the limiting circuit not to become effective at a low  $dI_P/dt$ , it is beneficial if rather high breakdown voltages of the Zener diodes 44 are selected. Additional currents flow through this limitation circuit at excessive voltages via the terminating resistor 19. The measuring result at the terminating resistor 19 is slightly affected by this. However, this only occurs at high  $dI_P/dt$  of, for instance, over 100 A/ $\mu$ s. Generally, however, such fast transients only occur with short circuit currents. In these cases, however, no high accuracy in the measurement of the primary current  $I_P$  is necessary.

The ohmic resistance 44 limits the excessive voltage less harshly. The duration of the excessive voltage is limited at an ohmic resistance value of 1 k $\Omega$  to 10  $\mu$ s.

The limiting circuit is suitably applied across that of the two secondary coils 5 and 6, which provides the most feedback to the primary winding 2. However, it is also possible to include another corresponding limiting circuit across the secondary coil 6 in addition to the limiting circuit illustrated in figure 8. In the same way, it is possible not to connect the resistor 45 to the low-pass filter 17, but rather to the mass. However, in this solution



the limiting currents do not flow across the limiting resistor 19, and can therefore not be detected.

Finally it should be noted that the principles and measures illustrated herein also apply to current sensors with only one booster power amplifier. It is possible, for instance, to omit the reverse timing power amplifier 11 as well as the low-pass filter 14 in the examples illustrated in figures 1, 5, and 8, and to connect one end of the terminating resistor 19 to the mass.





## Patent Claims

1. Current sensor working in accordance with the compensation principle with a primary winding (2) through which the current to be measured flows, creating a magnetic field which can be compensated by compensation current flowing through a secondary winding (4), and by sensor means (7) influenced by the magnetic field, which are down-streamed by a booster circuit (8 through 12), and which discharges the secondary winding (4) connected in a series by a terminating resistor (19), with a pulse-duration modulated compensation signal, characterized by the fact that the pulse-duration modulated compensation signal possesses timing frequencies above the converter frequency threshold (25), whereby the frequency response of the booster circuit (8 through 12) at the existing current to be measured ensures a measurable voltage drop via the terminating resistor (19).
2. Current sensor in accordance with claim 1, characterized by the fact that the pulse-duration modulated compensation signal is damped by a low-pass filter arrangement (17, 18) down-streamed by a booster circuit (8 through 12), at a filter frequency threshold above the converter frequency threshold (25), and below the timing frequencies (29).
3. Current sensor in accordance with claim 2, characterized by the fact that the low-pass filter arrangement (17, 18) is made up of inductances (20, 21), and capacitances (22, 23).
4. Current sensor in accordance with claims 2, or 3, characterized by the fact that the excessive resonance of the low-pass filter arrangement (17, 18) is damped by an RC element (40).

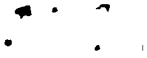


5. Current sensor in accordance with claim 4,  
characterized by  
the fact that the RC element (40) is connected in parallel to the secondary winding (4)  
and the terminating resistor (19).
6. Current sensor in accordance with one of the claims 1 through 5,  
characterized by  
the fact that the secondary winding (4) is divided into a multitude of secondary coils  
(5, 6), whereby the excessive voltages occurring between the secondary coils (5, 6) can  
be limited by limiting means (44, 45).
7. Current sensor in accordance with claim 6,  
characterized by  
the fact that the limiting means are Zener diodes (44), which are connected in a series,  
polarized in reverse order, and which are connected in parallel to the secondary coils  
(5, 6).
8. Current sensor in accordance with one of the claims 1 through 7,  
characterized by  
the fact that the booster circuit has at least one reverse timing power amplifier (11, 12).
9. Current sensor in accordance with claim 8,  
characterized by  
the fact that the terminating resistor (19) and the secondary winding (4) are connected via  
a bridge circuit between both reverse timing power amplifiers (11, 12).

100

100

[see source for figures]



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT


REC: 11 APR 2001

PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

T16

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>LEA33444-WO Ba</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)	
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP00/00044</b>	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) <b>05/01/2000</b>	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag) <b>08/01/1999</b>
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK <b>C07D417/06</b>		
Anmelder <b>BAYER AKTIENGESELLSCHAFT</b>		
<p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 7 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt Blätter.</p>		
<p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts</li> <li>II <input type="checkbox"/> Priorität</li> <li>III <input checked="" type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</li> <li>IV <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</li> <li>V <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</li> <li>VI <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen</li> <li>VII <input checked="" type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</li> <li>VIII <input type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</li> </ul>		
Datum der Einreichung des Antrags  <b>24/05/2000</b>	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  <b>05.04.2001</b>	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   <b>Europäisches Patentamt</b> <b>D-80298 München</b> <b>Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d</b> <b>Fax: +49 89 2399 - 4465</b>	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Grassi, D</b>  <b>Tel. Nr. +49 89 2399 8499</b>	



.

/

.

.

/



**I. Grundlage des Berichts**

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-45                      ursprüngliche Fassung

**Patentansprüche, Nr.:**

1-7                      ursprüngliche Fassung

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- ☐ die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- ☐ die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- ☐ in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- ☐ zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- ☐ bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- ☐ Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- ☐ Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

- ☐ Beschreibung,              Seiten:
- ☐ Ansprüche,                Nr.:
- ☐ Zeichnungen,            Blatt:



## INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00044

5. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

### III. Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit

1. Folgende Teile der Anmeldung wurden nicht daraufhin geprüft, ob die beanspruchte Erfindung als neu, auf erfinderischer Tätigkeit beruhend (nicht offensichtlich) und gewerblich anwendbar anzusehen ist:

- ☐ die gesamte internationale Anmeldung.
- ☒ Ansprüche Nr. 4,5 (in Bezug auf gewerbliche Anwendbarkeit).

#### Begründung:

- ☒ Die gesamte internationale Anmeldung, bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. beziehen sich auf den nachstehenden Gegenstand, für den keine internationale vorläufige Prüfung durchgeführt werden braucht (*genaue Angaben*):  
**siehe Beiblatt**
- ☐ Die Beschreibung, die Ansprüche oder die Zeichnungen (*machen Sie hierzu nachstehend genaue Angaben*) oder die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unklar, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte (*genaue Angaben*):
- ☐ Die Ansprüche bzw. die obengenannten Ansprüche Nr. sind so unzureichend durch die Beschreibung gestützt, daß kein sinnvolles Gutachten erstellt werden konnte.
- ☐ Für die obengenannten Ansprüche Nr. wurde kein internationaler Recherchenbericht erstellt.
2. Eine sinnvolle internationale vorläufige Prüfung kann nicht durchgeführt werden, weil das Protokoll der Nukleotid- und/oder Aminosäuresequenzen nicht dem in Anlage C der Verwaltungsvorschriften vorgeschriebenen Standard entspricht:
- ☐ Die schriftliche Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.
- ☐ Die computerlesbare Form wurde nicht eingereicht bzw. entspricht nicht dem Standard.

### V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

1. Feststellung



# **INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT**

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/00044

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche	.
	Nein: Ansprüche	1-7
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche	
	Nein: Ansprüche	1-7
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche	1-3
	Nein: Ansprüche	

2. Unterlagen und Erklärungen  
siehe Beiblatt

## **VII. Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung**

Es wurde festgestellt, daß die internationale Anmeldung nach Form oder Inhalt folgende Mängel aufweist:  
siehe Beiblatt



### Zu Punkt III

Die Ansprüche 4 und 5 beziehen sich auf einen Gegenstand, der nach Auffassung dieser Behörde unter die Regel 67.1 (iv) PCT fällt. Daher wird über die gewerbliche Anwendbarkeit des Gegenstands dieser Ansprüche kein Gutachten erstellt (Artikel 34 4) (a) (i) PCT).

### Zu Punkt V

- 1) In diesem Bescheid werden die folgenden Dokumente (D) genannt:

D1: WO 91 01978 A

D2: EP-A-0 483 055 (in der Anmeldung erwähnt)

D3: EP-A-0 580 553 (in der Anmeldung erwähnt)

D4: WO 98 06710 A

- 2) Der Gegenstand der Ansprüche 1-7 ist nicht neu (Artikel 33(2) PCT).

D1 offenbart Triazine mit insektizider Aktivität.  $R_3$  aus D1 ist gegebenenfalls substituiertes Alkyl, wobei die entsprechenden Beispiele Verbindungen zeigen, in denen  $C_2H_4$  mit  $SC_2H_5$  oder  $OC_2H_5$  substituiert ist (vgl. Bsp. 80-82, 162-165, 338-340, 419-422). Die Definition gegebenenfalls substituiertes Alkyl schließt daher Verbindungen ein, in denen  $CH_2$  mit  $SC_2H_5$  oder  $OC_2H_5$  substituiert ist. Der Gegenstand des vorliegenden Anspruchs 1 überlappt mit der Offenbarung von D1. Daher können die vorliegenden Verbindungen gemäß Anspruch 1 mit  $A=NR^{11}$  ( $R^{11}=Alkyl$ ),  $R^2=H$ ,  $R^3=OR^4$  oder  $SR^{10}$  ( $R^4=R^{10}=Alkyl$ ) nicht als neu angesehen werden.

Die Ansprüche 2-7 sind aus dem gleichen Grund auch nicht neu.

- 3) Der **neue Teil** der Ansprüche 1-7 beruht nicht auf einer erfinderischen Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT).

Die Dokumente D1-4 offenbaren Schädlingsbekämpfungsmittel.

Als technische Aufgabe der vorliegenden Anmeldung wird die Bereitstellung von





alternativen Schädlingsbekämpfungsmitteln gesehen.

- 3.1) Die Dokumente D1-D4 offenbaren strukturell verwandte Verbindungen, welche als zentralen Baustein einen Triazin- oder einen Oxadiazin-Ring aufweisen. Der Fachmann entnimmt diesen Dokumenten die allgemeine Lehre, daß im besagten zentralen Ring grundsätzlich das Ringglied NR gegen O ausgetauscht werden kann.

Daher werden dem Fachmann durch D1 (vgl. Paragraph 2, oben) auch Verbindungen nahegelegt, in denen  $A=O$ ,  $R^2=H$ ,  $R^3=OR^4$  oder  $SR^{10}$  ( $R^4=R^{10}=\text{Alkyl}$ ) ist.

- 3.2) Die Verbindungen aus den Beispielen 72, 73, 78, 79, 146-148, 160, 161, 330, 331, 336, 337, 401-403, 417, 418, 439, 440, und 458 aus D1 weisen als Rest  $R_3$  eine der folgenden Gruppen auf:  $OC_2H_5$ ,  $OCH_2CH=CH_2$ ,  $SO_2CH_3$ ,  $OPh$ .

Die vorliegenden Verbindungen mit  $R^3=OR^4$  ( $R^4=\text{Alken oder Phenyl}$ ) oder  $R^3=SO_2R^{10}$  ( $R^{10}=\text{Alkyl}$ ) unterscheiden sich von diesen Beispielen aus D1 lediglich dadurch, daß sie eine zusätzliche  $CH_2$ -Gruppe aufweisen.

Sofern diese Verbindungen keinen unerwarteten Effekt zeigen, müssen sie als naheliegend angesehen werden.

- 3.3) Die Verbindungen aus den Beispielen 2.40-45, 2.48, 2.50-55, 3.39-45, 3.48, 3.50-55, 4.39-45, 4.48, 4.50-55 aus D4 weisen als Rest -E-R eine der folgenden Gruppen auf:  $C(=O)OEt$ ,  $C(=O)OPr$ ,  $C(=O)OBu$ ,  $C(=O)OCH_2CH=CH_2$ ,  $C(=O)O^iPr$ ,  $C(=O)OCH_2CH_2CH=CH_2$ ,  $C(=O)OCH_2CH(CH_3)_2$ ,  $C(=O)OCH_2C_6H_5$ ,

$C(=O)OCH_2C_6H_4(4-NO_2)$ ,  $C(=O)OC_6H_5$ ,  $C(=O)C_6H_4(4-Cl \text{ oder } NO_2 \text{ oder } OCH_3)$ .

Die vorliegenden Verbindungen mit  $R^3=OR^4$  ( $R^4=\text{Alkyl, Alken, Phenyl, Benzyl}$ ) unterscheiden sich von den genannten Verbindungen aus D4 lediglich dadurch, daß sie anstelle der  $-C(=O)-$  eine  $-CH_2-$ -Brücke aufweisen.

Sofern diese Verbindungen keinen unerwarteten Effekt zeigen, müssen sie als naheliegend angesehen werden.

- 3.4) Die Dokumente D1-D4 offenbaren ausschließlich Triazin- oder Oxadiazin-Derivate. Alle vorliegenden Verbindungen, für welche eine Aktivität gezeigt wurde, sind entweder Triazine oder Oxadiazine.

Es gibt bisher keine Hinweise, daß auch die entsprechenden, beanspruchten



Thiadiazin-Derivate als Schädlingbekämpfungsmittel wirken. Diese Verbindungen können jedoch nur dann als erfinderisch angesehen werden, wenn sie die technische Aufgabe lösen.

- 4) Für die Beurteilung der Frage, ob die Gegenstände der vorliegenden Ansprüche 3-7 gewerblich anwendbar sind, gibt es in den PCT-Vertragsstaaten keine einheitlichen Kriterien. Die Patentierbarkeit kann auch von der Formulierung der Ansprüche abhängen. Das EPA beispielsweise erkennt den Gegenstand von Ansprüchen, die auf die medizinische Anwendung einer Verbindung gerichtet sind, nicht als gewerblich anwendbar an; es können jedoch Ansprüche zugelassen werden, die auf eine bekannte Verbindung zur erstmaligen medizinischen Anwendung und die Verwendung einer solchen Verbindung zur Herstellung eines Arzneimittels für eine neue medizinische Anwendung gerichtet sind.

#### **Zu Punkt VII**

Um die Erfordernisse der Regel 5.1 a) ii) PCT zu erfüllen, hätten in der Beschreibung die Dokumente D1 und D4 genannt werden sollen.



## Beschreibung

## Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip

5 Die Erfindung betrifft einen Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit einer vom zu messendem Strom durchflossenen Primärwicklung, die ein Magnetfeld erzeugt, das durch einen in einer Sekundärwicklung fließenden Kompensationsstrom kompensierbar ist, und mit vom Magnetfeld beeinflussten Sensormitteln, denen eine Treiberschaltung nachgeschaltet ist, die die in Reihe mit einem Abschlußwiderstand geschaltete Sekundärwicklung mit einem pulsbreitenmodulierten Kompensations-  
10 signal beaufschlagt.

15 Ein derartiger Stromsensor ist aus der DE-A-197 05 767 bekannt. Der bekannte Stromsensor weist einen Komparator auf, der an einem Komparatoreingang mit dem vom Sensormittel gelieferten Meßsignal und an einem anderen Komparatoreingang mit einer von einem Spannungsgenerator erzeugten Sägezahnspannung beaufschlagt ist. Der Komparator steuert zwei Gegentaktendstufen an, zwischen denen in Brückenschaltung der Abschlußwiderstand sowie die Sekundärwicklung geschaltet sind.

Ein Nachteil des bekannten Stromsensors ist, daß aufgrund des Frequenzgangs der Treiberschaltung nur Primärströme bis zu  
25 einer bestimmten oberen Grenzfrequenz erfaßbar sind. Denn bei Frequenzen des Primärstroms oberhalb der Grenzfrequenz kann der Stromsensor den Änderungen des Primärstroms nicht länger folgen, so daß über den Abschlußwiderstand keine Spannung abfällt, obwohl ein Primärstrom durch die Primärwicklung  
30 fließt.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen Stromsensor zu schaffen, der auch  
35 bei hohen Primärstromfrequenzen einsetzbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das pulsbreitmodulierte Kompensationssignal Taktfrequenzen oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz aufweist, wobei der Frequenzgang der Treiberschaltung bei vorhandenen zu messenden Strom  
5 einen messbaren Spannungsabfall über den Abschlußwiderstand gewährleistet.

Die Erfindung nutzt somit die Tatsache aus, daß der Stromsensor bei hohen Primärstromfrequenzen als Stromwandler arbeitet. Denn bei hohen Primärstromfrequenzen wird das anregende Magnetfeld zunehmend durch die aufgrund der induzierten Gegenspannung in der Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme kompensiert. Die aufgrund des Wandlerverhaltens durch die Sekundärwicklung fließenden Sekundärströme haben ebenfalls ei-  
15 nen Spannungsabfall am Abschlußwiderstand zur Folge. Die am Abschlußwiderstand aufgrund des Wandlerverhaltens auftretende Spannung macht sich dabei umso stärker bemerkbar je höher die Frequenz des Primärstroms ist, um oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz sich einem oberen Grenzwert anzunähern. Damit  
20 nun der Stromsensor gemäß der Erfindung unabhängig von der Primärstromfrequenz einsetzbar ist, ist dafür zu sorgen, daß auch im Frequenzbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten keine Lücke entsteht, in der die Spannung am Abschlußwiderstand wesentlich abfällt. Dies wird insbesondere  
25 dadurch erreicht, daß die Taktfrequenzen des pulsbreitenmodulierten Kompensationssignals oberhalb der Wandlergrenzfrequenz liegen und daß der Frequenzgang der Treiberschaltung, insbesondere deren obere Grenzfrequenz, auch im Frequenzbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten einen  
30 meßbaren Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand gewährleistet. Beide Maßnahmen zusammen stellen sicher, daß auch in einem Übergangsbereich zwischen Sensorverhalten und Wandlerverhalten ein meßbarer Spannungsabfall über dem Abschlußwiderstand auftritt.

35

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Ausführungsbeispiele sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung im einzelnen anhand der beigefügten Zeichnung erläutert. Es zeigen:

- 5    Figur 1    die Schaltung eines Stromsensors mit zwei Gegentak-  
                  tendstufen zwischen denen ein Abschlußwiderstand  
                  und die Sekundärwicklung in Reihe mit Tiefpaßfil-  
                  tern in Brückenschaltung angeordnet sind;
- 10    Figur 2    ein Diagramm, das den Frequenzgang der über den Ab-  
                  schlußwiderstand abfallenden Spannung in Abhängig-  
                  keit von der Primärstromfrequenz zeigt;
- 15    Figur 3    ein Ersatzschaltbild für die Brückenschaltung aus  
                  Figur 1;
- 20    Figur 4    ein Diagramm, das den Frequenzgang der Spannungsam-  
                  plitude und der Phase bei dem Ersatzschaltbild aus  
                  Figur 3 darstellt;
- 25    Figur 5    eine Schaltung eines Stromsensors, bei dem die  
                  durch die Tiefpaßfilter hervorgerufene Reso-  
                  nanzüberhöhung durch ein RC-Glied gedämpft ist;
- 30    Figur 6    ein Diagramm, das den Frequenzgang und die Amplitu-  
                  de der Brückenschaltung aus Figur 5 darstellt;
- 35    Figur 7    eine schematische Darstellung, die die unterschied-  
                  liche Kopplung zwischen Primärwicklung und Sekun-  
                  därspulen veranschaulicht; und
- Figur 8    ein weiterer Stromsensor, bei dem Spannungsüberhö-  
                  hungen zwischen den Sekundärspulen durch Begren-  
                  zungsmittel begrenzt sind.

Figur 1 zeigt einen Stromsensor 1 mit einer vom zu messenden Primärstrom  $I_p$  durchflossenen Primärwicklung 2, die über ei-

nen Magnetkern 3 an zwei die Sekundärwicklung 4 bildende Sekundärspulen 5 und 6 gekoppelt sind. Die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 ist jeweils durch die gestrichelten Pfeile M1 und M2 veranschaulicht. Der magnetische Fluß im Magnetkern 3 wird von einem Magnetfeldsensor 7 erfaßt, der einen Signalgenerator 8 zum Erzeugen von pulsweitenmodulierten Treibersignalen  $Q$  und  $\bar{Q}$  beaufschlagt. Die Treibersignale  $Q$  und  $\bar{Q}$  werden Endstufenschaltungen 9 und 10 zugeführt, die jeweils zwei Gegentaktendstufen 11 und 12 bildende Transistoren 13 ansteuern. Durch die Umsetzung des Meßsignals des Magnetfeldsensors 7 in die pulsbreitenmodulierten Kompensationssignale, werden die Verluste in den Gegentaktendstufen 11 und 12 minimiert. Die Leistungstransistoren 13 sind jeweils von Freilaufdioden 14 überbrückt und unmittelbar an Versorgungsleitungen 15 und 16 angeschlossen. In Brückenschaltung zwischen den Gegentaktendstufen 11 und 12 sind jeweils Tiefpaßfilter 17 und 18, ein Abschlußwiderstand 19, sowie die Sekundärspulen 5 und 6 angeordnet. Die Tiefpaßfilter 17 und 18 umfassen jeweils Spulen 20 und 21 mit nachgeschaltetem, mit Masse verbundenen Kondensatoren 22 und 23.

Die Funktion des Stromsensors 1 wird nunmehr anhand Figur 2 erläutert.

25

Figur 2 stellt den Frequenzgang verschiedener am Abschlußwiderstand 19 abfallender Spannungskomponenten in Abhängigkeit von der Frequenz des Primärstroms  $I_p$  dar. Eine Wandlerkennlinie 24 stellt die Frequenzabhängigkeit derjenigen Spannungskomponente dar, die aufgrund des Wandlerverhaltens des Stromsensors 1 am Abschlußwiderstand 19 abfällt. Da mit zunehmender Frequenz des Primärstroms  $I_p$  das erregende Magnetfeld durch den aufgrund der induzierten Gegenspannung in den Sekundärspulen 5 und 6 fließenden Sekundärstrom immer stärker kompensiert wird, fällt am Abschlußwiderstand 19 eine mit zunehmender Frequenz steigende Spannung ab. Wegen der mit größer werdenden Frequenz zunehmenden Kompensation des magneti-

30  
35



schen Flusses durch den Strom in den Sekundärspulen 5 und 6 erreicht die durch das Wandlerverhalten hervorgerufene Spannungskomponente schließlich oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz 25 eine Maximalspannung 26.

5 Die Sensorkennlinie 27 in Figur 2 veranschaulicht die Frequenzabhängigkeit derjenigen am Abschlußwiderstand 19 abfallenden Spannungskomponente, die durch das Sensorverhalten des Stromsensors 1 hervorgerufen wird. Bis zu einer Sensorgrenzfrequenz 28 ist diese Spannungskomponente im wesentlichen  
10 konstant, um dann oberhalb der Sensorgrenzfrequenz 28 bedingt durch den Frequenzgang der vom Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildeten Treiberschaltung abzufallen. Damit bei jeder  
15 Frequenz des Primärstrom  $I_p$  am Abschlußwiderstand 19 eine Spannung abfällt, ist es notwendig, das Auftreten einer Lücke im Übergangsbereich zwischen Wandlerverhalten und Sensorverhalten zu vermeiden. Deshalb sollen Taktfrequenzen 29 der pulsbreitenmodulierten Kompensationssignale  $Q$  und  $\bar{Q}$  mög-  
20 lichst oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Ein möglicher Bereich der Taktfrequenzen 29 ist in Figur 2 durch einen Pfeil 30 veranschaulicht. Auch die Sensorgrenzfrequenz 28 liegt vorzugsweise oberhalb der Wandlergrenzfrequenz 25. Wenn jedoch ein Einbruch der am Abschlußwiderstand 19 abfallenden  
25 Meßspannung in Kauf genommen wird, kann die Sensorgrenzfrequenz 28 auch unterhalb der Wandlergrenzfrequenz 25 liegen. Es ist jedoch darauf zu achten, daß die Sensorgrenzfrequenz 28 nicht so niedrig ist, daß die Meßspannung am Abschlußwiderstand 19 derart stark einbricht, daß zwischen Wandlerver-  
30 halten und Sensorverhalten eine Lücke im Frequenzgang der Meßspannung entsteht.

Üblicherweise wird die am Abschlußwiderstand 19 abfallende Meßspannung mit Hilfe eines an den beiden Enden des Abschluß-  
35 widerstands 19 angeschlossenen Differenzverstärkers gemessen. Wenn nun der Frequenzgang der Treiberschaltung, die von dem Signalgenerator 8, den Endstufenschaltungen 9 und 10 sowie

den Gegentaktendstufen 11 und 12 gebildet ist, eine Sensor-  
grenzfrequenz 28 aufweist, die über den Taktfrequenzen 29  
liegt, und wenn die Tiefpaßfilter 17 und 18 nicht vorhanden  
sind, liegt an den Eingängen des Differenzverstärkers über  
5 dem Abschlußwiderstand 19 eine Gleichtaktspannung mit einem  
Spannungshub gleich der Spannungsdifferenz der Versorgungs-  
spannungen und einer Frequenz gleich der Taktfrequenz 29 an.  
Typischerweise würde dann der Differenzverstärker über dem  
Abschlußwiderstand 19 mit einer Gleichtaktspannung von  $\pm 15$   
10 Volt bei einer Frequenz von 400 kHz belastet. Die Gleichtak-  
tunterdrückung üblicher Operationsverstärker ist mit einer  
derartigen Gleichtaktbelastung überfordert.

Es ist deshalb zweckmäßig, die Sensorgrenzfrequenz 28 auf  
15 Werte unterhalb der Taktfrequenz 29 zu legen. Somit ergibt  
sich der in Figur 2 durch einen Pfeil 31 angedeutete bevor-  
zugte Bereich für die Sensorgrenzfrequenz 28.

Die Sensorgrenzfrequenz 28 läßt sich beispielsweise durch die  
20 in Figur 1 dargestellten Tiefpaßfilter 17 und 18 wirksam zu  
kleinen Werten hin verschieben. Dies wird in der Schaltung  
nach Figur 1 durch die Tiefpaßfilter 17 und 18 mit den Spulen  
20 und 21 sowie den Kondensatoren 22 und 23 bewerkstelligt.  
Typische Werte für die Induktivitäten der Spulen 20 und 21  
25 und für die Kapazitäten der Kondensatoren 22 und 23 sind 68  
bis 100  $\mu\text{H}$  und 100 nF. Ein Nachteil der Schaltung aus Figur 1  
ist, daß die verwendeten Tiefpaßfilter 17 und 18 eine ausge-  
prägte Phasenverschiebung aufweisen. Dadurch kann eine nicht  
erwünschte Mitkoppelung über den Kreis Magnetfeldsensor 7,  
30 Signalgenerator 8, Endstufenschaltung 9 und 10, Gegentaktend-  
stufe 11 und 12, Sekundärwicklung 4, Magnetfeldsensor 7 ent-  
stehen, weshalb die Schaltung frei mit einer Frequenz, die  
der Resonanzfrequenz der Tiefpaßfilter 17 und 18 entspricht,  
schwingen kann.

35

Dieser Sachverhalt wird nun näher anhand der Figuren 3 und 4  
erläutert.

Figur 3 zeigt ein Ersatzschaltbild für die aus den Tiefpaßfiltern 17 und 18, dem Abschlußwiderstand 19 und der Sekundärwicklung 4 gebildete Brückenschaltung. Dabei ist die Spule 20 des Tiefpaßfilters 17 durch eine Filterinduktivität 32, eine Filterkapazität 33 und einen Filterwiderstand 34 dargestellt. Entsprechend ist die Sekundärwicklung 4 durch eine Wicklungsinduktivität 35, eine Wicklungskapazität 36 und einen Wicklungswiderstand 37 dargestellt. In Figur 3 gestrichelt eingezeichnet ist ferner ein von einem Widerstand 38 und einer Kapazität 39 gebildetes RC-Glied 40, auf das nachfolgend näher eingegangen wird.

In Figur 4 ist die Phase 41 und die Spannungsamplitude 42 der Meßspannung  $U_{AB}$  über dem Abschlußwiderstand 19 in Abhängigkeit von der Frequenz aufgetragen. Der erste Phasensprung um  $+180^\circ$  wird durch die Wicklungskapazität 36 zusammen mit der Wicklungsinduktivität 35 erzeugt und ist von untergeordneter Bedeutung. Der zweite Phasensprung um  $-180^\circ$  wird durch das Tiefpaßfilter 17 bewirkt und erzeugt auf der Resonanzfrequenz eine Amplitudenüberhöhung, auf der der Stromsensor 1 schwingen kann.

Für die Simulation wurden folgende Werte verwendet:

Die Filterinduktivität 32, die Filterkapazität 33 und der Filterwiderstand 34 wurden jeweils auf die Werte 220  $\mu\text{H}$ , 10 pF und 0,5 Ohm gesetzt. Für die Wicklungsinduktivität 35, die Wicklungskapazität 36 und den Wicklungswiderstand 37 wurden schließlich die Werte 1 H, 50 pF und 40 Ohm gewählt.

In Figur 5 ist die Resonanzüberhöhung beim zweiten Phasensprung durch das in Figur 3 gestrichelt eingezeichnete RC-Glied 40 gedämpft worden. Typische Werte für den Widerstand 38 und die Kapazität 39 sind 65  $\Omega$  und 200 nF. Wie aus Figur 6 hervorgeht, wird durch das zusätzliche RC-Glied 40 die Güte der Resonanz verringert und damit die Amplitudenüberhöhung

beim zweiten Phasensprung reduziert, so daß die 0 dB-Linie nicht mehr erreicht wird. Demzufolge treten in diesem Fall keine Schwingungen mehr auf.

- 5 Bei einem abgewandelten, nicht dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Reduzierung der Resonanzüberhöhung durch einen zum Tiefpaßfilter 17 und 18 parallel geschalteten Widerstand bewirkt. Dieser parallel geschaltete Widerstand kann ebenfalls den Stromsensor 1 stabilisieren. Aber dafür würden die  
10 Filtereigenschaften der Tiefpaßfilter 17 und 18 verschlechtert werden.

Ein weiteres Problem im Zusammenhang mit hohen Frequenzen des Primärstroms  $I_p$  ist die Möglichkeit schneller Transienten des  
15 Primärstroms  $I_p$ . Dies ist insbesondere dann von Bedeutung, wenn die Sekundärwicklung 4 in beispielsweise die beiden Sekundärspulen 5 und 6 aufgeteilt ist. Üblicherweise ist die magnetische Kopplung zwischen der Primärwicklung 2 und den Sekundärspulen 5 und 6 aufgrund des mechanischen Aufbaus des  
20 Stromsensors 1 und der Anordnung der Primärwicklung 2 bezüglich der Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedlich. In Figur 7 ist ein derartiger Fall dargestellt. In diesem Fall ist die Primärwicklung 2 ein drahtförmiger Leiter 43, der im Bogen durch die innere Öffnung des ringförmigen Magnetkerns 3 geführt ist. In dem in Figur 7 dargestellten Fall koppelt der  
25 drahtförmige Leiter 43 besser mit der Sekundärspule 5 als mit der Sekundärspule 6.

Dies hat zur Folge, daß bei einer schnellen Transiente des  
30 Primärstroms  $I_p$ , d. h. bei großen  $dI_p/dt$  am Mittelpunkt zwischen den beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine außerordentlich hohe Spannung auftritt. Dies kommt daher, daß beim Stromanstieg durch die unterschiedliche magnetische Kopplung  $M_1$  und  $M_2$  in den Sekundärspulen 5 und 6 unterschiedliche Sekundärströme angeregt werden. Da die Sekundärspule 5 und die Sekundärspule 6 in Reihe geschaltet sind, sind unterschiedliche  
35 Sekundärströme nur dann möglich, wenn an der Verbindung zwi-

schen beiden Sekundärspulen 5 und 6 eine Überspannung erzeugt wird. Diese Überspannung kann leicht mehrere Kilovolt erreichen und führt zumindest zum Durchschlag der Wicklungsisolation der Sekundärspulen 5 und 6. Es ist deshalb wichtig, diese Überspannungen zu begrenzen.

Die Begrenzung der Überspannung ist bei dem in Figur 8 dargestellten Ausführungsbeispiel durch ein paar in Reihe geschaltete, in Gegenrichtung gepolte Zenerdioden 44 bewerkstelligt, die zusammen mit einem Ohmschen Widerstand 45 parallel zum Abschlußwiderstand 19 und zur Sekundärspule 6 geschaltet sind. Typischerweise liegt die Durchbruchspannung der Zenerdiode 44 bei 390 V. Damit die Begrenzungsschaltung bei niedrigem  $dI_p/dt$  nicht wirksam wird, ist es von Vorteil, wenn die Durchbruchsspannungen der Zenerdioden 44 möglichst hoch gewählt werden. Durch diese Begrenzungsschaltung fließen bei Überspannungen über den Abschlußwiderstand 19 zusätzliche Ströme. Das Meßergebnis am Abschlußwiderstand 19 wird dadurch geringfügig beeinflusst. Allerdings geschieht dies nur bei hohen  $dI_p/dt$  von beispielsweise über 100 A/ $\mu$ s. Solch schnelle Transienten treten im allgemeinen jedoch nur bei Kurzschlußströmen auf. In diesen Fällen ist jedoch keine hohe Genauigkeit bei der Messung des Primärstroms  $I_p$  erforderlich.

Durch den Ohmschen Widerstand 44 wird die Überspannung weniger hart begrenzt. Bei einem Wert für den Ohmschen Widerstand von 1 k $\Omega$  wird die Zeitdauer der Überspannung auf 10  $\mu$ s begrenzt.

Zweckmäßigerweise wird die Begrenzungsschaltung über diejenige der beiden Sekundärspulen 5 und 6 gelegt, die am stärksten an die Primärwicklung 2 gekoppelt ist. Es ist jedoch auch möglich, zusätzlich zu der in Figur 8 dargestellten Begrenzungsschaltung eine weitere entsprechende Begrenzungsschaltung über die Sekundärspule 6 vorzusehen. In gleicher Weise ist es möglich, den Widerstand 45 nicht mit dem Tiefpaßfilter 17, sondern mit Masse zu verbinden. Bei dieser Lösung fließen

10

die Begrenzungsströme jedoch nicht über den Abschlußwiderstand 19 und werden deshalb nicht erfaßt.

Abschließend sei angemerkt, daß die hier vorgestellten Prinzipien und Maßnahmen auch für Stromsensoren mit nur einer Treiberendstufe gelten. Beispielsweise ist es möglich, bei den in den Figuren 1, 5 und 8 dargestellten Ausführungsbeispielen die Gegentaktendstufe 11 sowie das Tiefpaßfilter 14 entfallen zu lassen und ein Ende des Abschlußwiderstands 19 mit Masse zu verbinden.

## Patentansprüche

1. Stromsensor nach dem Kompensationsprinzip mit einer vom zu messenden Strom durchflossenen Primärwicklung (2), die ein  
5 Magnetfeld erzeugt, das durch einen in einer Sekundärwicklung (4) fließenden Kompensationsstrom kompensierbar ist, und mit vom Magnetfeld beeinflussten Sensormitteln (7), denen eine Treiberschaltung (8 bis 12) nachgeschaltet ist, die die in Reihe mit einem Abschlußwiderstand (19) geschaltete Sekundärwicklung (4) mit einem pulsbreitenmodulierten Kompensationssignal beaufschlagt,  
10 dadurch gekennzeichnet, daß das pulsweitmodulierte Kompensationssignal Taktfrequenzen oberhalb einer Wandlergrenzfrequenz (25) aufweist, wobei der Frequenzgang der Treiberschaltung (8 bis 12) bei vorhandenen zu messenden Strom einen messbaren Spannungsabfall über den Abschlußwiderstand (19) gewährleistet.
2. Stromsensor nach Anspruch 1,  
20 dadurch gekennzeichnet, daß das pulsbreitenmodulierte Kompensationssignal durch eine der Treiberschaltung (8 bis 12) nachgeschaltete Tiefpaßfilteranordnung (17,18) mit einer Filtergrenzfrequenz oberhalb der Wandlergrenzfrequenz (25) und unterhalb der  
25 Taktfrequenzen (29) geglättet ist.
3. Stromsensor nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Tiefpaßfilteranordnung (17, 18) von Induktivitäten  
30 (20, 21) und Kapazitäten (22,23) gebildet ist.
4. Stromsensor nach Anspruch 2 oder 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Resonanzüberhöhung der Tiefpaßfilteranordnung  
35 (17,18) durch ein RC-Glied (40) gedämpft ist.

12

5. Stromsensor nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß das RC-Glied (40) parallel zur Sekundärwicklung (4)  
und zum Abschlußwiderstand (19) geschaltet ist.

5

6. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Sekundärwicklung (4) in eine Vielzahl von Sekun-  
därspulen (5, 6) unterteilt ist, wobei zwischen den Sekun-  
därspulen (5, 6) auftretende Überspannungen durch Begren-  
zungsmittel (44, 45) begrenzt sind.

10

7. Stromsensor nach Anspruch 6,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Begrenzungsmittel in Reihe geschaltete, gegensätz-  
lich gepolte Zenerdioden (44) sind, die parallel zu den  
Sekundärspulen (5, 6) geschaltet sind.

15

8. Stromsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Treiberschaltung wenigstens eine Gegentaktendstufe  
(11, 12) aufweist.

20

9. Stromsensor nach Anspruch 8 ,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß der Abschlußwiderstand (19) und die Sekundärwicklung  
(4) in Brückenschaltung zwischen zwei Gegentaktendstufen  
(11, 12) geschaltet sind.

25

30



$\frac{1}{4}$ 

FIG 1

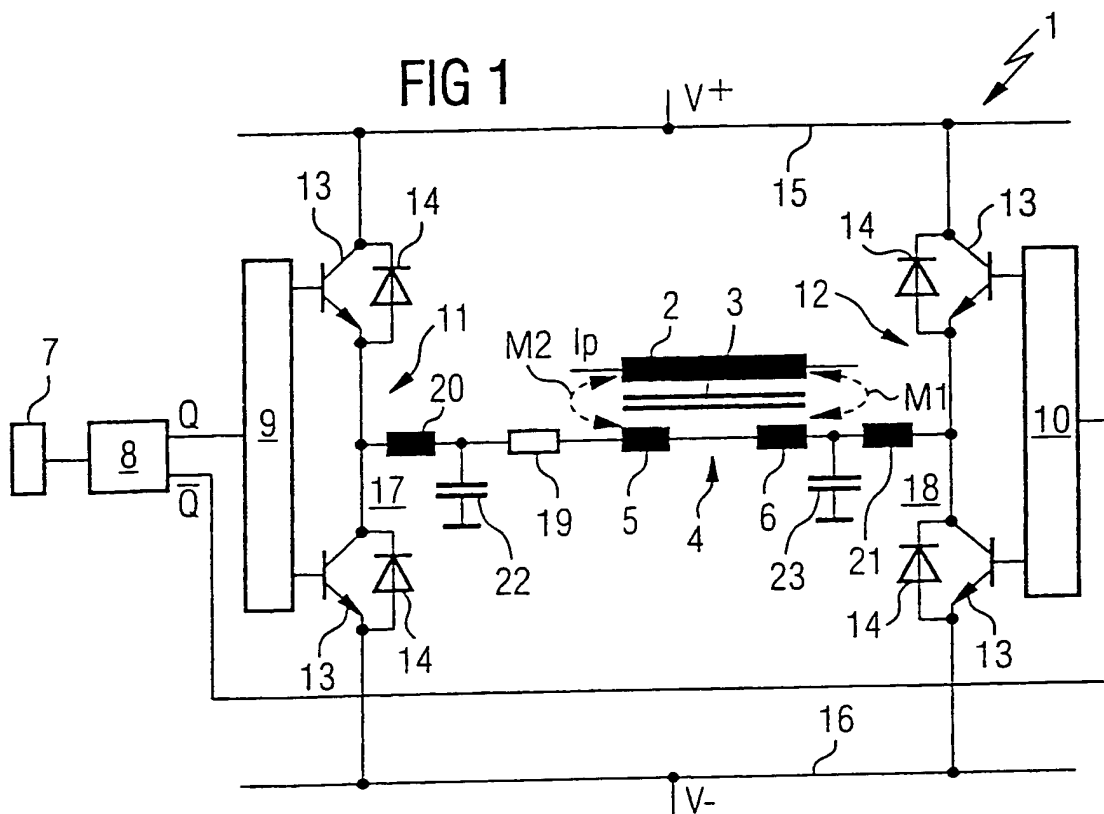
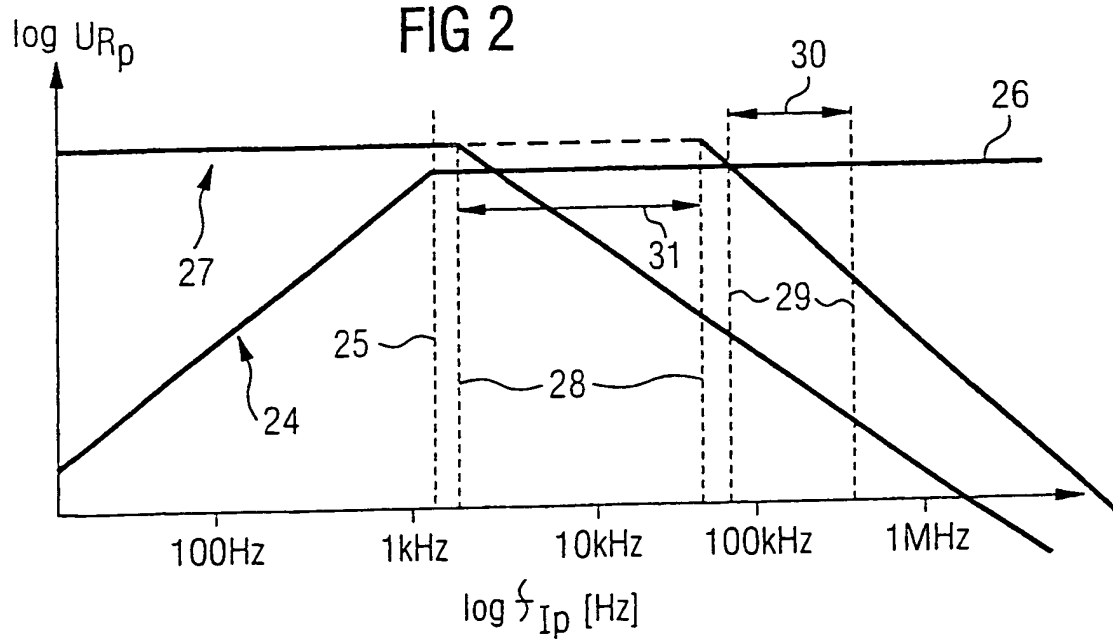


FIG 2





2/4

FIG 3

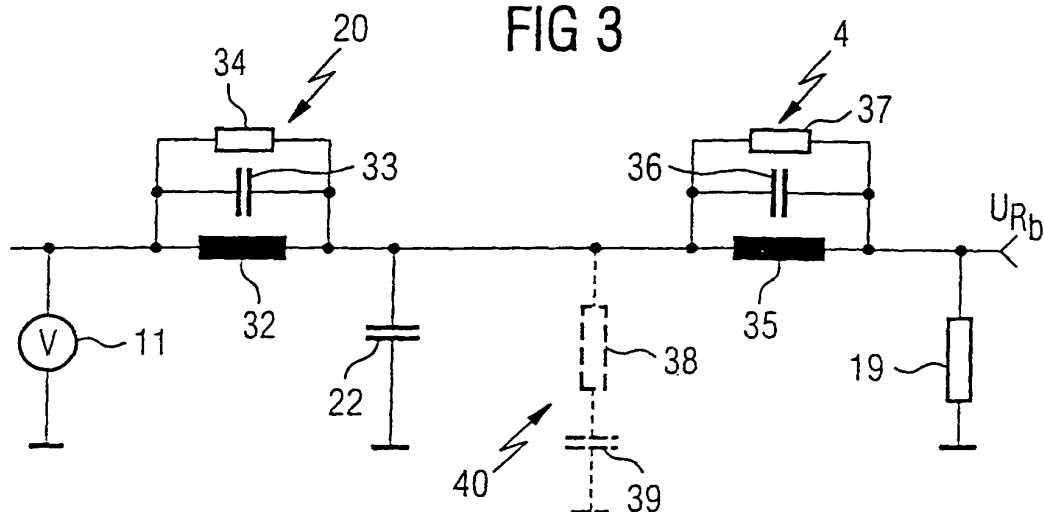
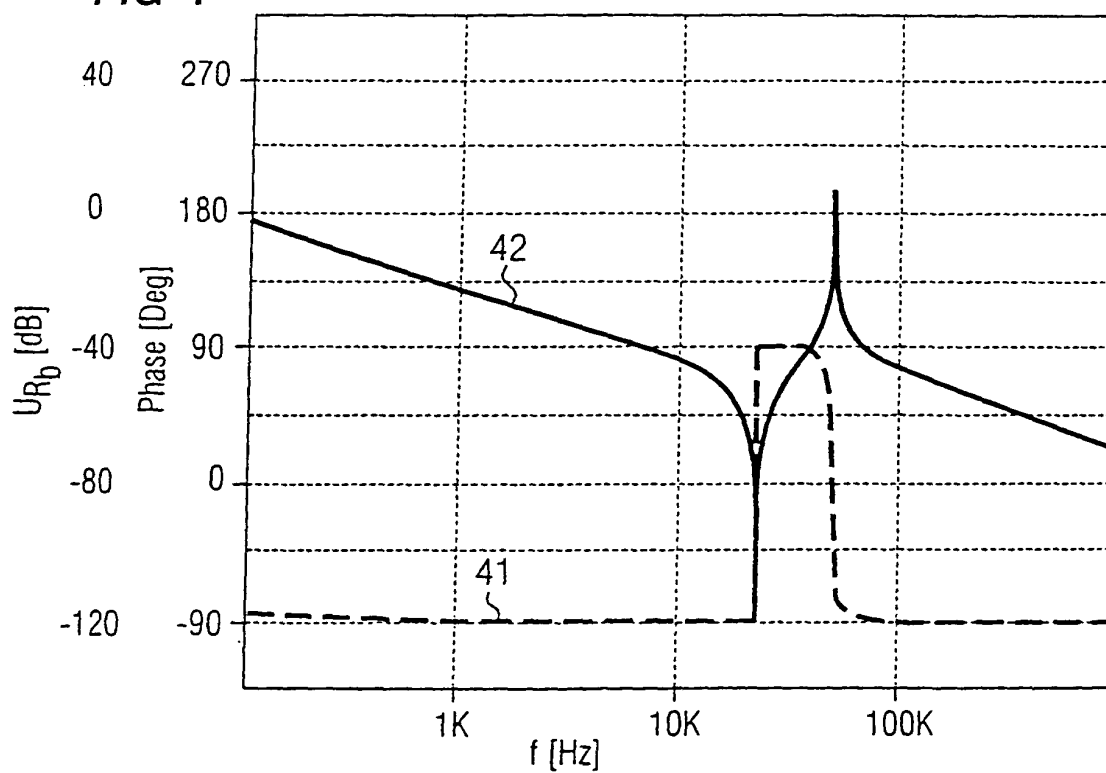


FIG 4





3/4

FIG 5

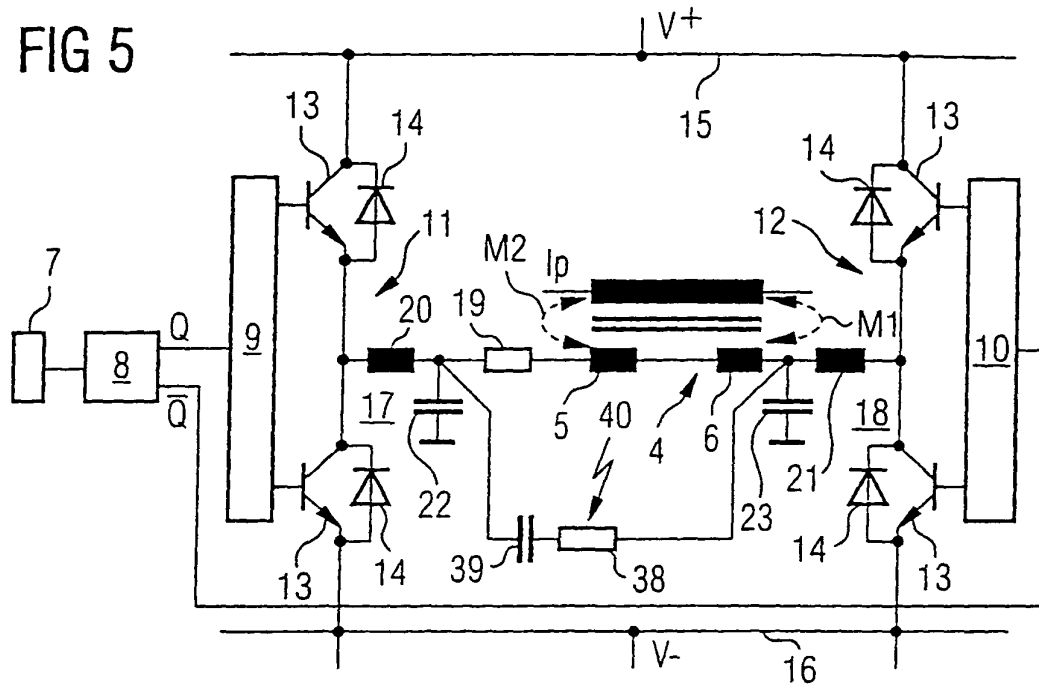
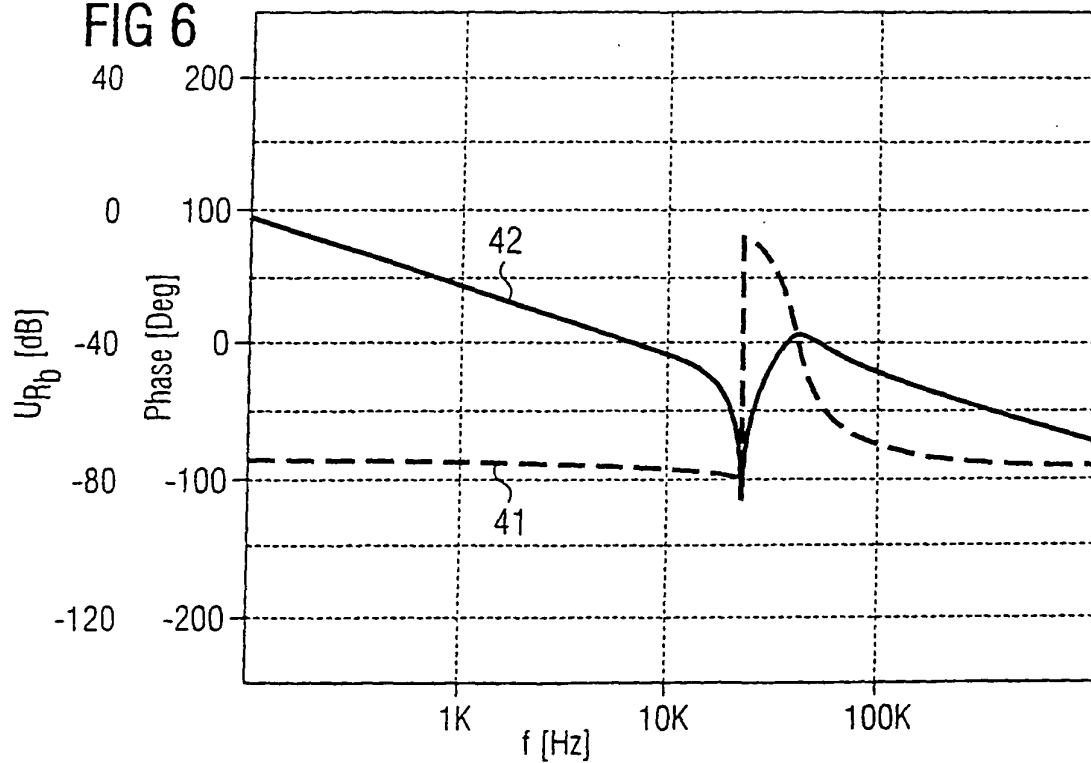


FIG 6





4/4

FIG 7

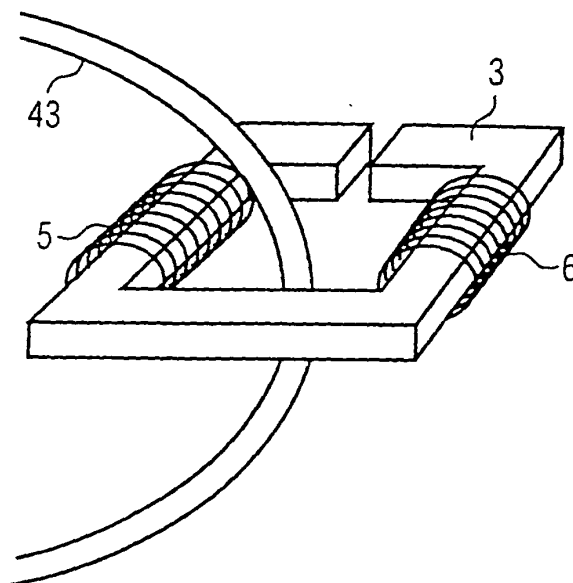
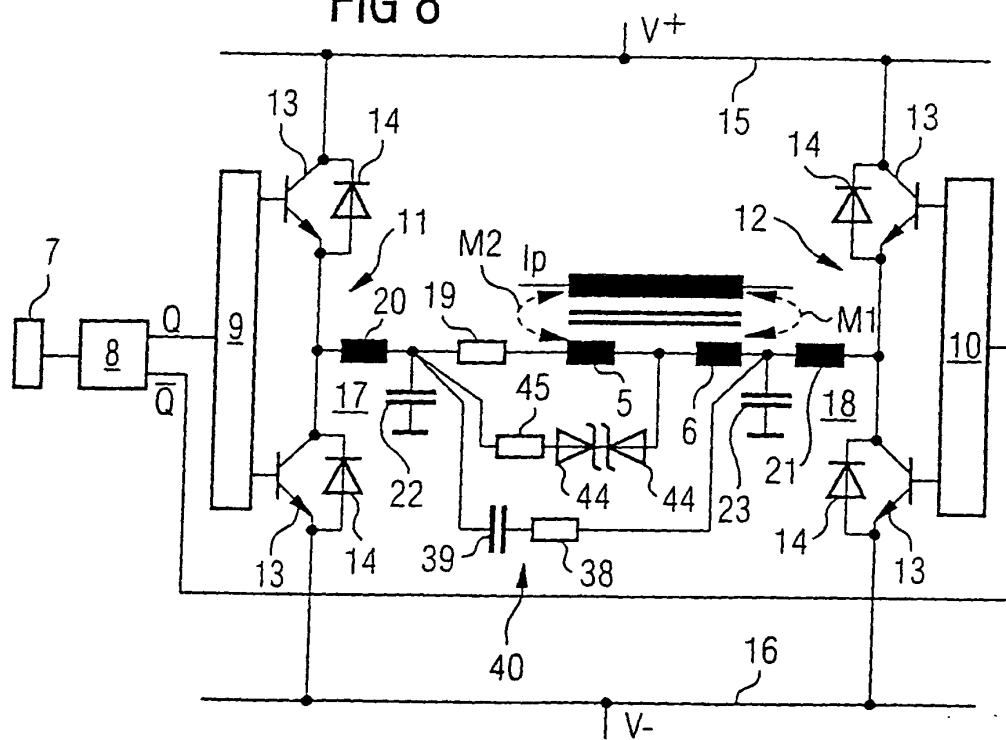


FIG 8



2

1

2

2

1



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No  
PCT/EP 00/03444A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01R15/18

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 196 42 472 A (ABB RESEARCH LTD) 16 April 1998 (1998-04-16) abstract; figures 1-3 column 2, line 50 - line 58 column 3, line 18 - line 22 ---	1
A	EP 0 742 440 A (SIEMENS AG) 13 November 1996 (1996-11-13) abstract; claims 5,6; figure 2 ---	1
A	DE 197 05 767 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 27 August 1998 (1998-08-27) cited in the application abstract; figures --- -/--	1



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2000

Date of mailing of the international search report

06/09/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Fritz, S

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 00/03444

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>SUZUKI Y ET AL: "ANALYSIS OF A ZERO-FLUX TYPE CURRENT SENSOR" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,US,IEEE INC. NEW YORK, vol. 29, no. 6, 1 November 1993 (1993-11-01), pages 3183-3185, XP000432425 ISSN: 0018-9464 abstract; figures 3,7 page 3184, right-hand column, paragraph 3 - paragraph 5</p> <p>-----</p>	1

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int. Application No

PCT/EP 00/03444

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19642472 A	16-04-1998	NONE	
EP 0742440 A	13-11-1996	DE 29507675 U DE 29520066 U	29-06-1995 22-02-1996
DE 19705767 A	27-08-1998	WO 9836281 A	20-08-1998



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int'l. Aktenzeichen

PCT/EP 00/03444

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R15/18

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 196 42 472 A (ABB RESEARCH LTD) 16. April 1998 (1998-04-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1-3 Spalte 2, Zeile 50 - Zeile 58 Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 22 ----	1
A	EP 0 742 440 A (SIEMENS AG) 13. November 1996 (1996-11-13) Zusammenfassung; Ansprüche 5,6; Abbildung 2 ----	1
A	DE 197 05 767 A (VACUUMSCHMELZE GMBH) 27. August 1998 (1998-08-27) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung; Abbildungen ----- -/--	1



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

29. August 2000

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

06/09/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Fritz, S

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SUZUKI Y ET AL: "ANALYSIS OF A ZERO-FLUX TYPE CURRENT SENSOR" IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS,US,IEEE INC. NEW YORK, Bd. 29, Nr. 6, 1. November 1993 (1993-11-01), Seiten 3183-3185, XP000432425 ISSN: 0018-9464 Zusammenfassung; Abbildungen 3,7 Seite 3184, rechte Spalte, Absatz 3 - Absatz 5</p> <p>-----</p>	1

# INTERNATIONALER RECHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Int. . . . . Aktenzeichen

PCT/EP 00/03444

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19642472 A	16-04-1998	KEINE	
EP 0742440 A	13-11-1996	DE 29507675 U	29-06-1995
		DE 29520066 U	22-02-1996
DE 19705767 A	27-08-1998	WO 9836281 A	20-08-1998

